

Kuat Tekan Beton Estetik Menggunakan Gamping Sebagai Campuran Agregat Kasar

Setiyo Ferdi Yanuar¹, Ilanka Cahya Dewi², Ahmad Iqbal F. P.³, Imelda Valensia⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Jember

Jl. Karimata 49 Jember

¹ E-mail: setiyoferdi@unmuh.ac.id

Abstract — This research discusses the effect of using limestone as a coarse aggregate mixture in the manufacture of concrete on its compressive strength. In the Puger and Gumukmas areas, many roads use limestone as the main foundation. This is because the size of the stone and the quality of the road are not much different since it was built in the past, so limestone can and should be used as an alternative to crushed stone which is often used in infrastructure development. This research uses variations in concrete age of 14 days and 28 days, as well as variations in the proportion of limestone by 0%, 20%, and 40%. The results of testing the compressive strength of 14-day-old concrete and 28-day-old concrete show that the addition of limestone mixture in concrete and the increase in concrete age have a positive effect on its compressive strength. From the results obtained, it can be seen that the more limestone admixture used, the higher the compressive strength of the concrete. The increase in concrete quality occurs consistently from 14 days to 28 days with the addition of limestone in the concrete mix. This indicates that the effect of limestone on concrete strength is sustainable over time. These findings show the great potential of limestone as an effective alternative ingredient in concrete manufacturing, especially in areas that have abundant limestone resources, making it a viable option to improve and enhance the overall quality of concrete in the future.

Keywords: limestone; concrete age; compressive strength.

Abstrak — Penelitian ini membahas pengaruh penggunaan gamping sebagai campuran agregat kasar dalam pembuatan beton terhadap kuat tekannya. Di daerah Puger dan Gumukmas, banyak jalan yang menggunakan batu gamping sebagai pondasi utama. Hal ini karena ukuran batu serta kualitas jalan tidak jauh berbeda sejak dibangun dahulu, sehingga batu gamping dapat dan layak dijadikan alternatif pengganti batu pecah yang sering digunakan dalam pembangunan infrastruktur. Penelitian ini menggunakan variasi umur beton 14 hari dan 28 hari, serta variasi proporsi gamping sebesar 0%, 20%, dan 40%. Hasil pengujian kuat tekan beton umur 14 hari dan beton umur 28 hari menunjukkan bahwa penambahan campuran gamping dalam beton serta bertambahnya umur beton berpengaruh positif terhadap kuat tekannya. Dari hasil yang diperoleh, terlihat bahwa semakin banyak campuran gamping yang digunakan, semakin tinggi kuat tekan betonnya. Peningkatan mutu beton terjadi secara konsisten dari umur 14 hari hingga umur 28 hari dengan penambahan gamping dalam campuran beton. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh gamping terhadap kekuatan beton bersifat berkelanjutan seiring berjalannya waktu. Temuan ini memperlihatkan potensi besar gamping sebagai bahan alternatif yang efektif dalam pembuatan beton, terutama di daerah yang memiliki sumber daya gamping yang melimpah, menjadikannya pilihan yang layak untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas beton secara keseluruhan di masa depan.

Kata-kata kunci: gamping; umur beton; kuat tekan.

I. PENDAHULUAN

Sebelum maraknya pembangunan jalan desa, banyak jalan di daerah puger dan gumukmas yang menggunakan batu gamping sebagai pondasi. Pada masa itu, batu gamping digunakan sebagai pondasi jalanan layaknya LPA dan LPB. Jalan desa ini tidak diaspal. Menurut warga sekitar, ukuran batu serta kualitas jalan tidak jauh berbeda sejak dibangun dahulu. Hal ini membuktikan bahwa batu gamping dapat dan layak dijadikan alternatif pengganti batu pecah (Komala et al., 2021).

Pembangunan dibidang struktur dewasa ini mengalami kemajuan yang sangat pesat, yang berlangsung diberbagai bidang, seperti gedung bertingkat, jembatan, menara dan lain nya, beton

merupakan bahan pembuatan struktur yang diminati karena banyak kelebihanannya dibandingkan dengan bahan lainnya, inovasi pada teknologi beton selalu muncul akibat tuntutan perkembangan jaman dan kebutuhan yang semakin beragam, beton yang dihasilkan harus memiliki kualitas tinggi meliputi kekuatan dan daya tahan tanpa mengurangi nilai ekonomis (Ahmad et al., 2022).

Inovasi teknologi beton selalu dituntut guna menjawab tantangan akan kebutuhan, beton yang dihasilkan diharapkan mempunyai kwalitas tinggi meliputi kekuatan dan daya tahan tanpa mengabaikan nilai ekonomis. Hal lain yang mendasari pemilihan dan penggunaan beton

sebagai bahan konstruksi adalah faktor efektifitas dan tingkat efisiensinya (A, 2018).

Sifat fisis material sangat mempengaruhi mutu dan spesifikasi beton tersebut. Hal lain yang mendasari pemilihan dan penggunaan beton sebagai bahan konstruksi adalah faktor efektifitas dan tingkat efisiensinya. Secara umum bahan pengisi beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, mudah diolah (*workability*) dan mempunyai keawetan (*durability*) serta kekuatan (*strength*) yang sangat diperlukan dalam suatu konstruksi. Dari sifat yang dimiliki beton itulah menjadikan beton sebagai bahan alternatif untuk dikembangkan baik bentuk fisik maupun metode pelaksanaannya (Nugraha, 2007).

Dalam pembuatan beton di butuhkan agregat kasar. Agregat kasar adalah batuan pecah dengan ukuran tertentu dan kekerasan tertentu. Dalam penelitian ini, peneliti ingin memanfaatkan batu gamping yang berwarna putih, sehingga nantinya akan terjadi perpaduan warna putih gamping dan abu-abu beton ketika beton di *grinding*. Batu gamping merupakan jenis bahan galian non logam yang menjadi bahan baku utama di dalam pembuatan semen (Nurwaskito et al., 2015).

Pada silinder beton umur 28 hari, penambahan serbuk batu gamping sampai dengan 15 % terjadi kecenderungan untuk meningkatkan kuat tekan beton, pada fas 0,4 mengalami penambahan kuat tekan sebesar 0,95 % dan pada fas 0,5 mengalami penambahan kuat tekan sebesar 1,71 %. Dari penelitian dapat disimpulkan bahwa kuat tekan beton pada fas 0,4 lebih tinggi dibandingkan pada fas 0,5 (Nawy E. G., 1998).

Tampilan fasade bangunan mulai banyak perubahan dan inovasi setelah revolusi industri di zaman arsitektur modern. Arsitektur modern adalah sebuah gaya yang menganut form follow function (bentuk mengikuti fungsi) dan less is more (sedikit “ornamen” itu baik), serta terkait erat dengan penggunaan material. Pemilihan material merupakan salah satu elemen keberhasilan dalam fasade bangunan bergaya arsitektur modern. Pemilihan material pada fasade bangunan dianggap penting dalam sebuah proses perancangan untuk menghasilkan sebuah karya dengan nilai estetika yang dapat mencerminkan karakteristik sebuah bangunan (Pardomuan et al., 2015).

II. TINJAUAN PUSTAKA

Campuran pasir dan batu pecah jika ditambahkan dengan semen, diaduk sampai merata dan

ditambahkan dengan air, diaduk dengan rata kemudian dibiarkan mengering akan menghasilkan beton. Untuk memperoleh campuran beton yang baik diperlukankomposisi bahan yang sesuai dan bahan yang tercampur dengan baik. Bahan yang mempunyai karakteristik yang baik jika dirancang dengan baik akan menghasilkan beton dengan kekuatan yang tinggi. Beton yang kekuatan tekannya tinggi tentu saja belum dapat dikatakan beton mutu tinggi. Beton kekuatan tekan yang tinggi adalah beton dari hasil uji kuat tekan pada umur 28 hari dapat memberikan nilai kuat tekan yang tinggi. Lain halnya dengan beton mutu tinggi. Beton mutu tinggi adalah diatas 60 Mpa (Hapsari, 2017) menurut pendapat lain beton mutu tinggi adalah beton dengan kekuatan tekan lebih dari 41,4 MPa (Hilmi M. Furqon, Giea P. Verlialdi S., 2015). Untuk memperoleh campuran beton kekuatan tinggi, perlu diperhatikan kualitas bahan penyusunnya, jumlah air yang digunakan serta jumlah dan jenis bahan kimia dan mineral yang digunakan.

a) Faktor Air Semen

Faktor air semen adalah perbandingan jumlah air dan semen yang digunakan. Air digunakan untuk memudahkan pencampuran material dan agar proses kimiawi semen dapat berjalan dengan baik. Air akan membasahi agregat dan menjadikan semen dapat berfungsi sebagai bahan perekat yang baik. Faktor air semen haruslah terukur, karena akan mempengaruhi kemudahan dalam pengerjaan dan besarnya kekuatan beton setelah mengeras. Semakin banyak air yang digunakan dalam adukan beton, akan semakin berkurang kuat beton yang diperoleh.

b) Agregat Halus

Dalam campuran beton, pasir disebut sebagai agregat halus. Yang dimaksud dengan pasir adalah pasir yang ukuran butirannya melewati saringan berukuran standar 4,8 mm. Untuk memperoleh beton dengan kekuatan yang baik/tinggi, diperlukan pasir dengan ukuran butiran yang baik. Ukuran butiran pasir yang baik adalah ukuran butiran yang terdiri dari ukuranhalus hingga ukuran yang kasar secara beraturan. Pasir yang susunan butirannya baik akan mengisi ruang yang kosong diantara kerikil atau batu pecah sehingga dapat membentuk

kepadatan yang diharapkan untuk memperoleh kekuatan yang maksimal dalam campuran beton.

c) Agregat Kasar

Kerikil atau batu pecah disebut sebagai agregat kasar. Yang dimaksud dengan kerikil atau batu pecah dalam campuran beton adalah kerikil atau batu pecah yang ukuran besar butirannya tertahan pada saringan berukuran 4,8 mm. Susunan butiran, kekerasan butiran serta besarnya ukuran butiran maksimum dari agregat kasar akan sangat menentukan besarnya nilai kekuatan beton yang dihasilkan (Jabair, 2022).

d) Agregat Buatan

Agregat buatan disini adalah agregat yang dibuat dari bongkahan batu gamping atau batu kapur, yang sering disebut dengan istilah "*limestone*". Agar dapat digunakan dalam campuran beton, bongkahan batuan tersebut dipecah dan dihancurkan hingga menjadi pasir dan batu dengan ukuran seperti ukuran pasir dan batu pecah lainnya. Penelitian tentang batu gamping dalam campuran beton telah dilakukan di beberapa daerah seperti: Penelitian batu gamping yang berasal dari Manyaran, Wonogiri dimana serbuk batu gamping digunakan sebagai pengganti sebahagian semen dapat meningkatkan kekuatan tekan dari beton sebesar 1% (Nawy E. , 1998). Penelitian batu gamping yang berasal dari Sampang, Madura dimana batuan tersebut digunakan untuk mengganti sebahagian agregat kasar ternyata dapat menambah kekuatan tekan beton (Jabair, 2022). Penelitian batu pecahan gamping yang berasal dari Kabupaten Enrekang sebagai agregat kasar dalam adukan beton dapat menghasilkan kekuatan tekan rata-rata dari beton yang cukup tinggi (Rochmah, 2016).

e) Kekuatan Beton

Kekuatan beton setelah mengeras diukur sebagai kemampuan beton menerima beban tekan maksimum per satuan luas dari benda uji silinder, diameter 15 cm, tinggi 30 cm. Pengujian untuk mengetahui kekuatan beton dilakukan dengan standar kecepatan penekanan (*pace rate*) sebesar 5300 N/sec. (Prasetyo & Widowato, 2015) Nilai kekuatan tekan beton, dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$f'_c = P/A$$

Keterangan:

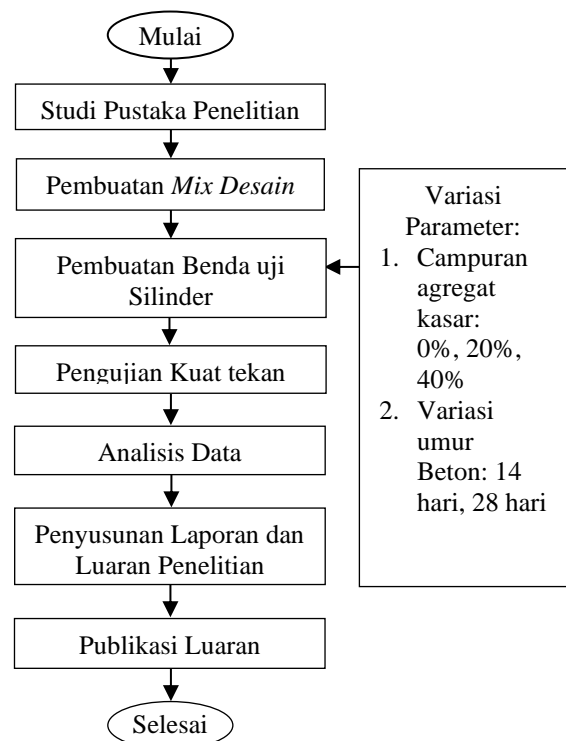
f'_c = Kekuatan tekan beton (MPa);

P : Beban maksimum (N)

A : Luas penampang benda uji silinder (mm²).

III. METODE

Implementasi konsep penelitian pada pendanaan penelitian internal Universitas Muhammadiyah Jember 2023 disajikan dalam diagram alir sistem gambar 1 berikut:



Gambar 1. Alur penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian agregat halus dan agregat kasar dilakukan pada Laboratorium Bahan dan Konstruksi Universitas Muhammadiyah Jember. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian kadar air, penyerapan air, kadar lumpur, berat jenis, berat volume dan analisa ayakan.

1. Kadar Air

Dalam pengujian ini, dua sampel telah dianalisis pada masing masing agregat halus maupun kasar untuk mengetahui kandungan kadar air. Proses pengujian kadar air dapat dilihat pada Gambar 2 dan hasil pengujian kadar air agregat halus dan kasar dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil pengujian kadar air agregat halus

Percobaan Nomor	Satuan	1	2
Berat Pasir Asli (W1)	gr	250	250
Berat Pasir Oven (W2)	gr	240,9	240,6
Kadar air = (W1-W2)/W2*100%	%	3,78	3,91
Kadar air rata-rata	%	3,84	

Tabel 2. Hasil pengujian kadar air agregat kasar

Percobaan Nomor	Satuan	1	2
Berat Koran Asli (W1)	gr	250	250
Berat Koran Oven (W2)	gr	249,4	249,5
Kadar air = (W1-W2)/W2*100%	%	0,20	0,20
Kadar air rata-rata	%	0,20	



Gambar 2. Proses pengujian kadar air

2. Penyerapan Air

Dalam pengujian ini, dua sampel telah dianalisis pada masing masing agregat halus maupun kasar untuk mengetahui seberapa mampu agregat tersebut dalam menyerap air. Proses pengujian penyerapan air dapat dilihat pada Gambar 3 dan hasil pengujian penyerapan air agregat halus dan kasar dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Hasil pengujian penyerapan air agregat halus

Percobaan Nomor	Satuan	1	2
Berat Pasir Asli (W1)	gr	250	250
Berat Pasir Oven (W2)	gr	241,3	241,5
Kadar air = (W1-W2)/W2*100%	%	3,61	3,52
Kadar air rata-rata	%	3,56	

Tabel 4. Hasil pengujian penyerapan air agregat kasar

Percobaan Nomor	Satuan	1	2
Berat Koran Asli (W1)	gr	250	250
Berat Koran Oven (W2)	gr	249,5	249
Kadar air = (W1-W2)/W2*100%	%	0,20	0,40
Kadar air rata-rata	%	0,30	



Gambar 3. Proses pengujian penyerapan air

3. Kadar Lumpur

Dalam pengujian ini, dua sampel telah dianalisis pada masing masing agregat halus maupun kasar untuk mengetahui kandungan lumpur. Proses pengujian kadar lumpur dapat dilihat pada Gambar 4 dan hasil pengujian kadar lumpur agregat halus dan kasar dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus

Percobaan Nomor	Satuan	1	2
Berat benda uji kering oven (W1)	gr	250	250
Berat benda uji bersih kering oven (W2)	gr	231,2	231,4
KL = (W1-W2)/W1	gr	0,08	0,07
KL rata-rata	gr	0,07	

Tabel 6. Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar

Percobaan Nomor	Satuan	1	2
Berat benda uji kering oven (W1)	gr	250	250
Berat benda uji bersih kering oven (W2)	gr	249,9	249,8
KL = (W1-W2)/W1	gr	0,00	0,00
KL rata-rata	gr	0,00	



Gambar 4. Proses pengujian kadar lumpur

4. Berat Jenis

Dalam pengujian ini, dua sampel telah dianalisis pada masing masing agregat halus maupun kasar untuk mengetahui berat jenis agregat. Proses pengujian berat jenis dapat dilihat pada Gambar 5 dan hasil pengujian berat jenis agregat halus dan kasar dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Hasil pengujian berat jenis agregat halus

Percobaan Nomor	Satuan	1	2
Berat Picnometer+pasir+air (W2)	gr	733	729,3
Berat pasir SSD (W1)	gr	100	100
Berat Picnometer+air (W3)	gr	672,7	668
$BJ = W1/(W1-W2+W3)$	gr	2,52	2,58
BJ rata-rata	gr	2,56	

Tabel 8. Hasil pengujian berat jenis agregat kasar

Percobaan Nomor	Satuan	1	2
Berat kerikil di udara (W1)	gr	3000	3000
Berat kerikil di air (W2)	gr	1830,4	1826,6
$BJ = W1/(W1-W2)$	gr	2,56	2,56
BJ rata-rata	gr	2,56	



Gambar 5. Proses Pengujian Berat Jenis
Sumber: Hasil Pengujian (2024)

5. Berat Volume

Dalam pengujian ini, dua sampel telah dianalisis pada masing masing agregat halus maupun kasar untuk mengetahui berat volume agregat. Proses pengujian berat volume dapat dilihat pada Gambar 6 dan hasil pengujian berat volume agregat halus dan kasar dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 9. Hasil pengujian berat volume agregat halus

Percobaan sampel	Satuan	Dengan Rojokan		Tanpa Rojokan	
		1	2	3	4
Berat silinder (W ₁)	gr	4139,1	4139,1	4139,1	4139,1
Berat silinder + pasir (W ₂)	gr	8327,5	8357	7560	7576,5
Berat pasir (W ₂ - W ₁)	gr	4188,4	4217,9	3420,9	3437,4
Volume selinder (V)	cm ³	2828,9	2828,9	2828,9	2828,9
$BV \text{ pasir} = (W_2 - W_1) / V$		1,48	1,49	1,21	1,22
BV rata - rata		1,49		1,21	
BV rata - rata dengan rojokan dan tanpa rojokan		1,35			

Tabel 10. Hasil pengujian berat volume agregat kasar

Percobaan sampel	Satuan	Dengan Rojokan		Tanpa Rojokan	
		1	2	3	4
Berat silinder (W ₁)	gr	4139,1	4139,1	4139,1	4139,1
Berat silinder + kerikil (W ₂)	gr	8610,5	8567	8011	8097
Berat kerikil (W ₂ - W ₁)	gr	4471,4	4427,9	3871,9	3957,9
Volume selinder (V)	cm ³	2828,9	2828,9	2828,9	2828,9
$BV \text{ kerikil} = (W_2 - W_1) / V$		1,58	1,57	1,37	1,40
BV rata - rata		1,57		1,38	
BV rata - rata dengan rojokan dan tanpa rojokan		1,48			



Gambar 6. Proses pengujian berat volume

6. Analisa Ayakan

Dalam pengujian ini, dua sampel telah dianalisis pada masing masing agregat halus maupun kasar untuk mengetahui presentasi berat butiran agregat yang lolos dalam suatu set saringan. Proses pengujian analisa ayakan dapat dilihat pada Gambar 7 dan hasil pengujian Analisa ayakan agregat halus dan kasar dapat dilihat pada Tabel 11 dan Tabel 12.

Tabel 11. Hasil pengujian analisa ayakan agregat halus

Lubang Saringan	Ayakan 1	Ayakan 2	Persen Kumulatif			Rata-Rata Terting-gal (%)	Lolos	
			gram	%	gram			
no	mm	gram	%	gram	%			
4	4,76	125,3	12,53	95,5	9,59	11,06	11,06	88,94
8	2,38	121,1	12,11	81,3	8,16	10,14	21,19	78,81
16	1,19	204,0	20,40	174,5	17,52	18,96	40,15	59,85
30	0,59	167,0	16,70	175,0	17,57	17,13	57,29	42,71
50	0,29	97,5	9,75	118,2	11,87	10,81	68,09	31,91
100	0,14	111,4	11,14	140,4	14,09	12,62	80,71	19,29
200	0,07	51,5	5,15	75,1	7,54	6,34	87,05	12,95
pan	-	122,2	12,22	136,2	13,67	12,95	100	0
Total		1000	100	996,2	100	100	465,55	334

Tabel 12. Hasil pengujian analisa ayakan agregat kasar

Lubang Saringan	Ayakan 1		Ayakan 2		Persen Kumulatif				
	no	mm	gram	%	gram	%	Rata-Rata (%)	Tertinggal	Lolos
2"	50,0	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5"	37,5	-	-	-	-	-	-	-	-
1"	25,0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,0	1430,4	28,6	1280,9	25,6	27,13	27,13	27,13	72,87
1/2"	12,5	3365,8	67,3	3124,2	62,5	64,93	92,06	92,06	7,94
3/8"	9,5	166,5	3,33	498,9	9,99	6,66	98,72	98,72	1,28
4	4,76	36,3	0,73	86,6	1,73	1,23	99,95	99,95	0,05
pan	-	1	0,02	4	0,08	0,05	100,00	100,00	0
Total		5000	100	4994,6	100	100	417,96	182,14	



Gambar 7. Proses pengujian analisa ayakan

7. Mix Design

Pada *mix design* hal pertama yang dilakukan adalah menghitung proporsi material yang akan digunakan dalam pembuatan beton. Perhitungan untuk mencari proporsi tersebut disebut perhitungan *Job Mix Formula* (JMF) dimana pada perhitungan tersebut harus memperhitungkan karakteristik material yang tersedia dan kekuatan beton yang diinginkan. Proses ini merupakan langkah awal dalam memastikan kualitas beton yang akan dibuat. Proses *mix design* dapat dilihat pada Gambar 8 dan hasil perhitungan *Job Mix Formula* (JMF) dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil perhitungan *Job Mix Formula* (JMF)

NO	MATERIAL	JUMLAH
a.	Semen	40 kg
b.	Koral	101,60 kg
c.	Pasir	83,13 kg
d.	Air	22 liter



Gambar 8. Proses *mix design*

8. Slump Test

Pada pengujian *slump test* bertujuan mengukur konsistensi beton segar. Dalam *slump test*, sampel beton segar ditempatkan dalam kerucut abrams, kemudian cetakan tersebut diangkat secara perlahan. Ukuran penurunan beton yang terjadi dari ketinggian cetakan mengindikasikan konsistensi beton, hal ini memberikan informasi mengenai kemampuan beton untuk mengalir dan memadat. Pada pengujian ini menghasilkan nilai *slump test* sebesar 11,5 cm yang dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil pengujian *slump test*

9. Curing

Pada proses curing yang merupakan tahap perendaman beton. Proses curing melibatkan penyediaan kondisi lingkungan yang tepat untuk memungkinkan beton mengalami hidrasi secara optimal. Curing umumnya dilakukan dengan cara menjaga kelembaban dan suhu beton dalam rentang yang diinginkan selama periode waktu yang ditentukan setelah pengecoran. Proses curing yang dilakukan pada penelitian ini, beton direndam selama 10 hari untuk beton umur 14 hari dan beton direndam selama 20 hari untuk beton umur 28 hari.



Gambar 10. Proses perendaman beton

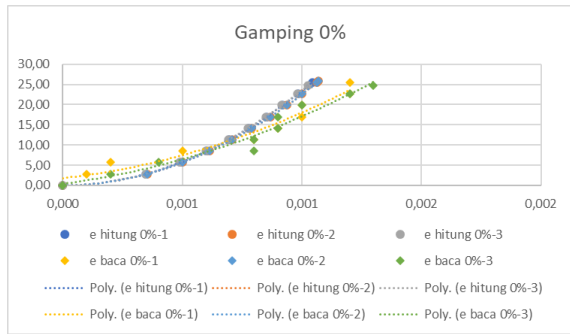
yang terjadi. Modulus elastisitas dapat dihitung sebagai rasio tegangan terhadap regangan di dalam rentang elastisitas beton. Proses pengujian modulus elastisitas dapat dilihat pada Gambar 14 dan hasil pengujian modulus elastisitas beton umur 28 hari yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 14 sampai Tabel 16.

10. Modulus Elastisitas

Pada pengujian modulus elastisitas dengan cara pemberian gaya tekan pada sampel beton dan mengukur perubahan panjang atau deformasi

Tabel 14. Hasil pengujian modulus elastisitas pada sampel beton dengan campuran gamping 0%

Kode	Dimensi Benda Uji		Luas Permukaan (A)	Berat (kg)	Berat Jenis (kg/m ³)	Uji Tekan (P) (kN)	Uji Tekan (P) (N)	Kuat Tekan Uji (F _c) (Mpa)	E Hitung	e Hitung (mm)	e Baca (mm)	Rasio Kuat Tekan	Kuat Tekan Konversi (Mpa)	Kuat Tekan (K) (kg/m ²)
	Tinggi (mm)	Diameter (mm)												
1	300,00	150,00	17678,57	12,36	2330,69	450,00	450000	25,45	24410,63	0,00104	0,00000	1,00	36404,82	438612,31
	300,00	150,00	17678,57	12,36	2330,69	50,00	50000	2,83	8136,88	0,00035	0,00010	1,00	4044,98	48734,70
	300,00	150,00	17678,57	12,36	2330,69	100,00	100000	5,66	11507,28	0,00049	0,00020	1,00	8089,96	97469,40
	300,00	150,00	17678,57	12,36	2330,69	150,00	150000	8,48	14093,48	0,00060	0,00050	1,00	12134,94	146204,10
	300,00	150,00	17678,57	12,36	2330,69	200,00	200000	11,31	16273,75	0,00070	0,00080	1,00	16179,92	194938,80
	300,00	150,00	17678,57	12,36	2330,69	250,00	250000	14,14	18194,61	0,00078	0,00090	1,00	20224,90	243673,50
	300,00	150,00	17678,57	12,36	2330,69	300,00	300000	16,97	19931,19	0,00085	0,00100	1,00	24269,88	292408,21
	300,00	150,00	17678,57	12,36	2330,69	350,00	350000	19,80	21528,15	0,00092	0,00100	1,00	28314,86	341142,91
	300,00	150,00	17678,57	12,36	2330,69	400,00	400000	22,63	23014,56	0,00098	0,00120	1,00	32359,84	389877,61
	300,00	150,00	17678,57	12,36	2330,69	450,00	450000	25,45	24410,63	0,00104	0,00120	1,00	36404,82	438612,31
2	300,00	150,00	17678,57	12,21	2302,32	457,00	457000	25,85	24151,86	0,00107	0,00000	1,00	37426,80	450925,36
	300,00	150,00	17678,57	12,21	2302,32	50,00	50000	2,83	7988,72	0,00035	0,00010	1,00	4094,84	49335,38
	300,00	150,00	17678,57	12,21	2302,32	100,00	100000	5,66	11297,76	0,00050	0,00020	1,00	8189,67	98670,76
	300,00	150,00	17678,57	12,21	2302,32	150,00	150000	8,48	13836,88	0,00061	0,00040	1,00	12284,51	148006,14
	300,00	150,00	17678,57	12,21	2302,32	200,00	200000	11,31	15977,45	0,00071	0,00070	1,00	16379,35	197341,51
	300,00	150,00	17678,57	12,21	2302,32	250,00	250000	14,14	17863,33	0,00079	0,00100	1,00	20474,18	246676,89
	300,00	150,00	17678,57	12,21	2302,32	300,00	300000	16,97	19568,30	0,00087	0,00100	1,00	24569,02	296012,27
	300,00	150,00	17678,57	12,21	2302,32	350,00	350000	19,80	21136,18	0,00094	0,00110	1,00	28663,85	345347,65
	300,00	150,00	17678,57	12,21	2302,32	400,00	400000	22,63	22595,52	0,00100	0,00110	1,00	32758,69	394683,03
	300,00	150,00	17678,57	12,21	2302,32	450,00	450000	25,45	23966,17	0,00106	0,00130	1,00	36853,53	444018,41
3	300,00	150,00	17678,57	12,21	2302,32	457,00	457000	25,85	24151,86	0,00107	0,00130	1,00	37426,80	450925,36
	300,00	150,00	17678,57	12,39	2335,60	438,00	438000	24,78	24158,97	0,00103	0,00000	1,00	35359,65	426019,89
	300,00	150,00	17678,57	12,39	2335,60	50,00	50000	2,83	8162,56	0,00035	0,00020	1,00	4036,49	48632,41
	300,00	150,00	17678,57	12,39	2335,60	100,00	100000	5,66	11543,60	0,00049	0,00040	1,00	8072,98	97264,82
	300,00	150,00	17678,57	12,39	2335,60	150,00	150000	8,48	14137,97	0,00060	0,00080	1,00	12109,47	145897,22
	300,00	150,00	17678,57	12,39	2335,60	200,00	200000	11,31	16325,12	0,00069	0,00080	1,00	16145,96	194529,63
	300,00	150,00	17678,57	12,39	2335,60	250,00	250000	14,14	18252,04	0,00077	0,00090	1,00	20182,45	243162,04
	300,00	150,00	17678,57	12,39	2335,60	300,00	300000	16,97	19994,11	0,00085	0,00090	1,00	24218,94	291794,45
	300,00	150,00	17678,57	12,39	2335,60	350,00	350000	19,80	21596,11	0,00092	0,00100	1,00	28255,43	340426,86
	300,00	150,00	17678,57	12,39	2335,60	400,00	400000	22,63	23087,21	0,00098	0,00120	1,00	32291,92	389059,26
300,00	150,00	17678,57	12,39	2335,60	438,00	438000	24,78	24158,97	0,00103	0,00130	1,00	35359,65	426019,89	

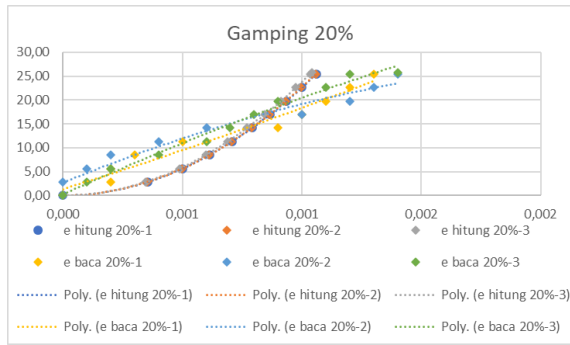


Dengan melihat Tabel 14 dan grafik pada Gambar 11 menunjukkan bahwa tegangan dan regangan yang dihasilkan oleh sampel beton dengan campuran gamping 0% berada pada batas aman.

Gambar 11. Grafik tegangan dan regangan sampel 1, 2, 3 beton campuran gamping 0%

Tabel 15. Hasil pengujian modulus elastisitas pada sampel beton dengan campuran gamping 20%

Kode	Dimensi Benda Uji		Luas Permukaan (A)	Berat	Berat Jenis	Uji Tekan (P)	Uji Tekan (P)	Kuat Tekan Uji (f _c)	E Hitung	e	e Baca	Rasio Kuat Tekan	Kuat Tekan Konversi	Kuat Tekan (K)
	Tinggi	Diameter								Hitung	mm			
	(mm)	(mm)	mm ²	(kg)	kg/m ³	kN	N	Mpa		mm	mm		Mpa	kg/m ²
1	300,00	150,00	17678,57	12,22	2303,16	449,00	449000	25,40	23952,76	0,00106	0,00000	1,00	36758,08	442868,49
	300,00	150,00	17678,57	12,22	2303,16	50,00	50000	2,83	7993,14	0,00035	0,00020	1,00	4093,33	49317,20
	300,00	150,00	17678,57	12,22	2303,16	100,00	100000	5,66	11304,01	0,00050	0,00020	1,00	8186,66	98634,41
	300,00	150,00	17678,57	12,22	2303,16	150,00	150000	8,48	13844,53	0,00061	0,00030	1,00	12279,98	147951,61
	300,00	150,00	17678,57	12,22	2303,16	200,00	200000	11,31	15986,28	0,00071	0,00050	1,00	16373,31	197268,81
	300,00	150,00	17678,57	12,22	2303,16	250,00	250000	14,14	17873,21	0,00079	0,00090	1,00	20466,64	246586,02
	300,00	150,00	17678,57	12,22	2303,16	300,00	300000	16,97	19579,12	0,00087	0,00100	1,00	24559,97	295903,22
	300,00	150,00	17678,57	12,22	2303,16	350,00	350000	19,80	21147,86	0,00094	0,00110	1,00	28653,30	345220,42
	300,00	150,00	17678,57	12,22	2303,16	400,00	400000	22,63	22608,02	0,00100	0,00120	1,00	32746,62	394537,63
	300,00	150,00	17678,57	12,22	2303,16	449,00	449000	25,40	23952,76	0,00106	0,00130	1,00	36758,08	442868,49
2	300,00	150,00	17678,57	12,24	2307,88	450,00	450000	25,45	24053,08	0,00106	0,00000	1,00	36764,71	442948,26
	300,00	150,00	17678,57	12,24	2307,88	50,00	50000	2,83	8017,69	0,00035	0,00000	1,00	4084,97	49216,47
	300,00	150,00	17678,57	12,24	2307,88	100,00	100000	5,66	11338,73	0,00050	0,00010	1,00	8169,93	98432,95
	300,00	150,00	17678,57	12,24	2307,88	150,00	150000	8,48	13887,05	0,00061	0,00020	1,00	12254,90	147649,42
	300,00	150,00	17678,57	12,24	2307,88	200,00	200000	11,31	16035,38	0,00071	0,00040	1,00	16339,87	196865,89
	300,00	150,00	17678,57	12,24	2307,88	250,00	250000	14,14	17928,10	0,00079	0,00060	1,00	20424,84	246082,37
	300,00	150,00	17678,57	12,24	2307,88	300,00	300000	16,97	19639,25	0,00086	0,00100	1,00	24509,80	295298,84
	300,00	150,00	17678,57	12,24	2307,88	350,00	350000	19,80	21212,82	0,00093	0,00120	1,00	28594,77	344515,32
	300,00	150,00	17678,57	12,24	2307,88	400,00	400000	22,63	22677,46	0,00100	0,00130	1,00	32679,74	393731,79
	300,00	150,00	17678,57	12,24	2307,88	450,00	450000	25,45	24053,08	0,00106	0,00140	1,00	36764,71	442948,26
3	300,00	150,00	17678,57	12,43	2343,52	456,00	456000	25,79	24775,87	0,00104	0,00000	1,00	36688,39	442028,80
	300,00	150,00	17678,57	12,43	2343,52	50,00	50000	2,83	8204,11	0,00034	0,00010	1,00	4022,85	48468,07
	300,00	150,00	17678,57	12,43	2343,52	100,00	100000	5,66	11602,36	0,00049	0,00020	1,00	8045,70	96936,14
	300,00	150,00	17678,57	12,43	2343,52	150,00	150000	8,48	14209,94	0,00060	0,00040	1,00	12068,55	145404,21
	300,00	150,00	17678,57	12,43	2343,52	200,00	200000	11,31	16408,22	0,00069	0,00060	1,00	16091,40	193872,28
	300,00	150,00	17678,57	12,43	2343,52	250,00	250000	14,14	18344,95	0,00077	0,00070	1,00	20114,25	242340,35
	300,00	150,00	17678,57	12,43	2343,52	300,00	300000	16,97	20095,89	0,00084	0,00080	1,00	24137,10	290808,42
	300,00	150,00	17678,57	12,43	2343,52	350,00	350000	19,80	21706,04	0,00091	0,00090	1,00	28159,95	339276,49
	300,00	150,00	17678,57	12,43	2343,52	400,00	400000	22,63	23204,73	0,00098	0,00110	1,00	32182,80	387744,56
	300,00	150,00	17678,57	12,43	2343,52	450,00	450000	25,45	24612,33	0,00103	0,00120	1,00	36205,65	436212,63
300,00	150,00	17678,57	12,43	2343,52	456,00	456000	25,79	24775,87	0,00104	0,00140	1,00	36688,39	442028,80	



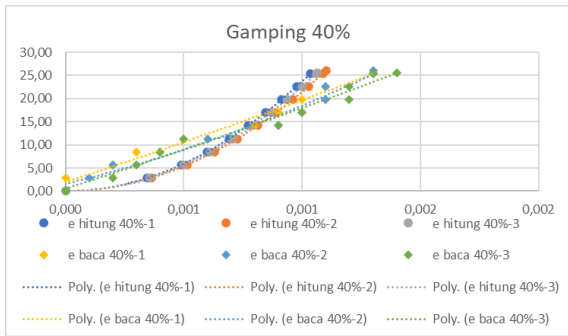
Gambar 12. Grafik tegangan dan regangan sampel 1, 2, 3 beton campuran gamping 20%

yang dihasilkan oleh sampel beton dengan campuran gamping 20% masih berada pada batas aman.

Dengan melihat Tabel 15 dan grafik pada Gambar 12 menunjukkan bahwa tegangan dan regangan

Tabel 16. Hasil pengujian modulus elastisitas pada sampel beton dengan campuran gamping 40%

Kode	Dimensi Benda Uji		Luas Permukaan (A)	Berat (kg)	Berat Jenis (kg/m ³)	Uji Tekan (P) (kN)	Uji Tekan (P) (N)	Kuat Tekan Uji (f _c) (Mpa)	E Hitung	e		Rasio Kuat Tekan	Kuat Tekan Konversi (Mpa)	Kuat Tekan (K) (kg/m ²)
	Tinggi (mm)	Diameter (mm)								Hitung (mm)	e Baca (mm)			
1	300,00	150,00	17678,57	12,42	2341,54	449,00	449000	25,40	24553,82	0,00103	0,00000	1,00	36155,74	435611,27
								0,00	0,00000	0,00000				
	300,00	150,00	17678,57	12,42	2341,54	50,00	50000	2,83	8193,72	0,00035	0,00000	1,00	4026,25	48509,05
	300,00	150,00	17678,57	12,42	2341,54	100,00	100000	5,66	11587,67	0,00049	0,00020	1,00	8052,50	97018,10
	300,00	150,00	17678,57	12,42	2341,54	150,00	150000	8,48	14191,93	0,00060	0,00030	1,00	12078,75	145527,15
	300,00	150,00	17678,57	12,42	2341,54	200,00	200000	11,31	16387,43	0,00069	0,00050	1,00	16105,00	194036,20
	300,00	150,00	17678,57	12,42	2341,54	250,00	250000	14,14	18321,71	0,00077	0,00080	1,00	20131,26	242545,25
	300,00	150,00	17678,57	12,42	2341,54	300,00	300000	16,97	20070,43	0,00085	0,00090	1,00	24157,51	291054,30
	300,00	150,00	17678,57	12,42	2341,54	350,00	350000	19,80	21678,54	0,00091	0,00100	1,00	28183,76	339563,35
	300,00	150,00	17678,57	12,42	2341,54	400,00	400000	22,63	23175,33	0,00098	0,00110	1,00	32210,01	388072,40
2	300,00	150,00	17678,57	12,42	2341,54	449,00	449000	25,40	24553,82	0,00103	0,00130	1,00	36155,74	435611,27
	300,00	150,00	17678,57	12,01	2263,85	460,00	460000	26,02	23626,30	0,00110	0,00000	1,00	38312,58	461597,36
								0,00	0,00000	0,00000				
	300,00	150,00	17678,57	12,01	2263,85	50,00	50000	2,83	7789,36	0,00036	0,00010	1,00	4164,41	50173,63
	300,00	150,00	17678,57	12,01	2263,85	100,00	100000	5,66	11015,82	0,00051	0,00020	1,00	8328,82	100347,25
	300,00	150,00	17678,57	12,01	2263,85	150,00	150000	8,48	13491,57	0,00063	0,00040	1,00	12493,23	150520,88
	300,00	150,00	17678,57	12,01	2263,85	200,00	200000	11,31	15578,72	0,00073	0,00060	1,00	16657,64	200694,50
	300,00	150,00	17678,57	12,01	2263,85	250,00	250000	14,14	17417,54	0,00081	0,00090	1,00	20822,05	250868,13
	300,00	150,00	17678,57	12,01	2263,85	300,00	300000	16,97	19079,96	0,00089	0,00100	1,00	24986,47	301041,75
	300,00	150,00	17678,57	12,01	2263,85	350,00	350000	19,80	20608,71	0,00096	0,00110	1,00	29150,88	351215,38
3	300,00	150,00	17678,57	12,01	2263,85	400,00	400000	22,63	22031,64	0,00103	0,00110	1,00	33315,29	401389,01
	300,00	150,00	17678,57	12,01	2263,85	450,00	450000	25,45	23368,09	0,00109	0,00130	1,00	37479,70	451562,63
	300,00	150,00	17678,57	12,01	2263,85	460,00	460000	26,02	23626,30	0,00110	0,00130	1,00	38312,58	461597,36
	300,00	150,00	17678,57	12,22	2303,54	453,00	453000	25,62	24065,13	0,00106	0,00000	1,00	37079,48	446740,72
								0,00	0,00000	0,00000				
	300,00	150,00	17678,57	12,22	2303,54	50,00	50000	2,83	7995,10	0,00035	0,00020	1,00	4092,66	49309,13
	300,00	150,00	17678,57	12,22	2303,54	100,00	100000	5,66	11306,78	0,00050	0,00030	1,00	8185,32	98618,26
	300,00	150,00	17678,57	12,22	2303,54	150,00	150000	8,48	13847,93	0,00061	0,00040	1,00	12277,97	147927,39
	300,00	150,00	17678,57	12,22	2303,54	200,00	200000	11,31	15990,21	0,00071	0,00050	1,00	16370,63	197236,52
	300,00	150,00	17678,57	12,22	2303,54	250,00	250000	14,14	17877,60	0,00079	0,00090	1,00	20463,29	246545,65



Gambar 13. Grafik tegangan dan regangan sampel 1, 2, 3 beton campuran gamping 40%



Gambar 14. Proses pengujian modulus elastisitas

Dengan melihat Tabel 16 dan grafik pada Gambar 14, menunjukkan bahwa tegangan dan regangan yang dihasilkan oleh sampel beton dengan campuran gamping 40% masih berada pada batas aman.

11. Kuat Tekan

Pada pengujian kuat tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan agregat halus, air. Benda uji yang digunakan untuk kuat tekan berbentuk silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm. Pada pembuatan beton kami merencanakan beton dengan mutu K-300 atau setara dengan 24,9 MPa. Proses pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 15 dan hasil kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 17 dan Tabel 18.

Tabel 17. Hasil pengujian kuat tekan sampel beton umur 14 hari

Kode	Tanggal Pembuatan	Tanggal Uji Tekan	Dimensi Benda Uji		Luas Permukaan (A)	Berat	Uji Tekan (P)	Kuat Tekan Uji (f _c) (P/A)	Rasio Kuat Tekan	Kuat Tekan Konversi (f _c)	Kuat Tekan (K) (f _c /0.83)
			Tinggi	Diameter							
			(mm)	(mm)							
A. GAMPING 0%											
1	07/01/2024	21/01/2024	300	150	17678,57	12,016	394000	22,29	0,88	25,33	305,13
2	07/01/2024	21/01/2024	300	150	17678,57	12,241	393000	22,23	0,88	25,26	304,36
3	07/01/2024	21/01/2024	300	150	17678,57	12,2055	390000	22,06	0,88	25,07	302,03
B. GAMPING 20%											
1	07/01/2024	21/01/2024	300	150	17678,57	12,15	393000	22,23	0,88	25,26	304,36
2	07/01/2024	21/01/2024	300	150	17678,57	11,886	398000	22,51	0,88	25,58	308,23
3	07/01/2024	21/01/2024	300	150	17678,57	11,9305	389000	22,00	0,88	25,00	301,26
C. GAMPING 40%											
1	07/01/2024	21/01/2024	300	150	17678,57	11,7795	399000	22,57	0,88	25,65	309,00
2	07/01/2024	21/01/2024	300	150	17678,57	11,9365	392000	22,17	0,88	25,20	303,58
3	07/01/2024	21/01/2024	300	150	17678,57	11,8945	393000	22,23	0,88	25,26	304,36

Sumber: Hasil Olah Data, 2024

Tabel 18. Hasil pengujian kuat tekan sampel beton umur 28 hari

Kode	Tanggal Pembuatan	Tanggal Uji Tekan	Dimensi Benda Uji		Luas Permukaan (A)	Berat	Uji Tekan (P)	Kuat Tekan Uji (f _c) (P/A)	Rasio Kuat Tekan	Kuat Tekan Konversi (f _c)	Kuat Tekan (K) (f _c /0.83)
			Tinggi	Diameter							
			(mm)	(mm)							
A. GAMPING 0%											
1	07/01/2024	04/02/2024	300	150	17678,57	12,361	450000	25,45	1,00	25,45	306,68
2	07/01/2024	04/02/2024	300	150	17678,57	12,2105	457000	25,85	1,00	25,85	311,45
3	07/01/2024	04/02/2024	300	150	17678,57	12,387	438000	24,78	1,00	24,78	298,50
B. GAMPING 20%											
1	07/01/2024	04/02/2024	300	150	17678,57	12,215	449000	25,40	1,00	25,40	306,00

Kode	Tanggal Pembuatan	Tanggal Uji Tekan	Dimensi Benda Uji		Luas Permukaan (A)	Berat	Uji Tekan (P)	Kuat Tekan Uji (f _c) (P/A)	Rasio Kuat Tekan	Kuat Tekan Konversi (f _c)	Kuat Tekan (K) (f _c /0.83)
			Tinggi	Diameter							
			(mm)	(mm)							
2	07/01/2024	04/02/2024	300	150	17678,57	12,24	450000	25,45	1,00	25,45	306,68
3	07/01/2024	04/02/2024	300	150	17678,57	12,429	456000	25,79	1,00	25,79	310,77
C. GAMPING 40%											
1	07/01/2024	04/02/2024	300	150	17678,57	12,4185	449000	25,40	1,00	25,40	306,00
2	07/01/2024	04/02/2024	300	150	17678,57	12,0065	460000	26,02	1,00	26,02	313,50
3	07/01/2024	04/02/2024	300	150	17678,57	12,217	453000	25,62	1,00	25,62	308,73

Dengan melihat tabel hasil pengujian kuat tekan sampel beton umur 14 hari dan sampel beton umur 28 hari menunjukkan bahwa penambahan campuran gamping dalam beton dan umur beton berpengaruh positif terhadap kuat tekan beton. Dengan demikian, terlihat bahwa semakin banyak campuran gamping yang ditambahkan, semakin tinggi pula kuat tekan betonnya. Hal ini menunjukkan bahwa campuran gamping memiliki dampak positif terhadap kekuatan beton dalam hal kuat tekan, dengan peningkatan yang konsisten dan dengan peningkatan persentase campuran gamping.



Gambar 15 Proses pengujian kuat tekan

V. KESIMPULAN

1. Pengaruh Gamping Terhadap Kekuatan Beton: Penggunaan gamping sebagai campuran agregat kasar dalam pembuatan beton menunjukkan dampak yang positif terhadap kekuatan tekan beton pada kedua variasi umur beton, yaitu beton pada umur 14 hari dan 28 hari. Data menunjukkan bahwa penambahan gamping menyebabkan peningkatan mutu beton secara keseluruhan.
2. Peningkatan Kekuatan Pada Variasi Umur Beton: Dari data yang telah diperoleh, peningkatan mutu beton terjadi secara konsisten dari umur 14 hari hingga umur 28 hari dengan penambahan gamping. Hal ini

menunjukkan bahwa pengaruh gamping terhadap kekuatan b berjalan waktu.

3. Peningkatan Terbesar Pada Penambahan 40% Gamping: Dari data yang diperoleh, terlihat bahwa peningkatan kuat tekan beton lebih terlihat pada penambahan gamping sebesar 40% daripada pada penambahan 20%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar proporsi gamping dalam campuran beton, semakin besar pula peningkatan kekuatan tekan yang dapat dicapai.

Dengan demikian, kesimpulan utama dari penelitian ini adalah penggunaan gamping sebagai campuran agregat kasar dalam pembuatan beton dapat meningkatkan kekuatan tekan beton, dengan peningkatan mutu yang lebih signifikan terjadi pada penambahan gamping sebesar 40% dan memiliki potensi untuk diaplikasikan secara luas dalam industri konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

- A, A. (2018). Kajian kuat tekan beton normal menggunakan standar Sni 7656-2012 Dan Astm C 136-06. *Rang Teknik Journal*, 1(2). <https://doi.org/10.31869/rtj.v1i2.760>
- Ahmad, H. H., Yanuar, S. F., & ... (2022). Studi pengaruh jenis semen pada campuran beton 1: 2: 3. *Jurnal Rekayasa* ..., 74-77. <http://jurnal.unmuhjembar.ac.id/index.php/HEXAGON/article/download/9104/4381>
- Hapsari, S. (2017). *Kajian pengaruh variasi komposisi silika fume terhadap parameter beton memadat mandiri dengan kuat tekan beton mutu tinggi*.
- Hendra, P., & W, I. (2016). Pengaruh variasi dimensi agregat kasar pada mutu beton. *Jurnal Sipil*.
- HILMI M. FURQON, GIEA P. VERLIALDI S., R. P. (2015). Aplikasi material pada bangunan modern ditinjau dari estetika fasade. *Jurnal Rekayasa*, 3, No 3(3), 13. <https://ejournal.itenas.ac.id/index.php/rekayasa/article/view/695>
- Jabair, J. (2022). Pemanfaatan batu gamping enrekang dalam campuran beton kekuatan tinggi. *Journal of Applied Civil and Environmental Engineering*, 2(1), 8. <https://doi.org/10.31963/jacee.v2i1.3362>
- Nawy, E. (1998). *Beton bertulang*. Bandung: PT. Eresco.

- Nugraha Paul, A. (2007). *Teknologi beton*. Yogyakarta: Andi.
- Komala, R., Hadi, S., & Prasetiawan, J. tahun 2021. (2021). Pengaruh jenis semen dan lama perawatan yang berbeda. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Fak. Teknik Universitas Al-Azhar*.
- Nurwaskito, A., Fajriani, A., & Widodo, S. (2015). Analisis kualitas batugamping sebagai bahan baku utama semen. *Jurnal Geomine*, 2(1), 117–123.
- Pardomuan, F., Tanudjaja, P. H., & Windah, R. S. (2015). Pengujian kuat tarik lentur beton dengan variasi kuat tekan beton. *Jurnal Sipil Statik*, 3(5), 313–321.
- Putro, G. B., & Nurchasanah, Y. (2011). Tinjauan kuat tekan beton dengan serbuk batu gamping sebagai bahan tambah pada campuran beton. *Artikel Ilmiah Matriks*.
- Prasetyo, H., & Widowato, I. (2015). *Pengaruh variasi dimensi agregat kasar pada mutu beton*.
- Rochmah, N. (2016). Pemanfaatan batu kapur di daerah Sampang Madura sebagai bahan pengganti agregat kasar pada campuran beton. *JHP17 Jurnal Hasil Penelitian LPPM Untag Surabaya*, 01(02), 217–226.