

KAJIAN KUAT TEKAN BETON SUBSTITUSI AGREGAT HALUS DARI LIMBAH PEMOTONGAN BATU MARMER DAN AGREGAT KASAR DARI LIMBAH PEMOTONGAN BATU KAPUR

Dewi Fitriani¹, R. Didin Kusdian², Bakhtiar Abu Bakar³
^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sangga Buana

korespondensi : r.didin@usbykp.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan infrastruktur yang semakin pesat membuat kebutuhan akan material infrastruktur semakin banyak pula. Tidak dapat dipungkiri hal tersebut diiringi pula dengan banyaknya limbah. Untuk mengantisipasi banyaknya limbah yang tidak terpakai lagi, maka pada penelitian ini direncanakan pembuatan beton dengan substitusi agregat halus dari limbah batu marmer dan agregat kasar dari limbah batu kapur untuk mengoptimalkan penggunaan limbah yang ada. Selain material tersebut juga digunakan material lain, yaitu pasir, kerikil semen dan air. Kuat tekan beton yang direncanakan yaitu K 300 atau $f'c$ 25 Mpa dengan campuran yang direncanakan yaitu beton 1 : 2 : 3 dan dengan persentase penambahan limbah sebesar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Umur beton yang direncanakan yaitu 7, 14 dan 28 hari. Pembuatan benda uji yaitu 10 buah dengan cetakan kubus 15 x 15 x 15 cm. Untuk kuat tekan beton paling besar didapatkan pada umur beton 28 hari dengan persentase 50% limbah yaitu $f'c$ 49,47 Mpa.

Kata Kunci : beton, agregat, marmer, batu kapur, kuat tekan

ABSTRACT

The rapid development of infrastructure makes the need for infrastructure materials more and more. It is undeniable that this is accompanied by a lot of waste. To anticipate the amount of waste that is no longer used, in this study it is planned to manufacture concrete by substituting fine aggregate from marble waste and coarse aggregate from limestone waste to optimize the use of existing waste. In addition to these materials, other materials are also used, namely sand, gravel, cement and water. The planned compressive strength of the concrete is K 300 or $f'c$ 25 Mpa with the planned mixture of concrete 1: 2: 3 and with the addition percentage of 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of waste. The planned age of concrete is 7, 14 and 28 days. The manufacture of test objects is 10 pieces with a cube mold of 15 x 15 x 15 cm. The greatest compressive strength of concrete was found at 28 days of age with a percentage of 50% of waste, namely $f'c$ 49.47 Mpa.

Keywords: concrete, aggregate, marble, limestone, compressive strength

PENDAHULUAN

Dewasa ini perkembangan infrastruktur di dunia dan khususnya di Indonesia berkembang begitu pesat. Kebutuhan manusia terhadap berbagai fasilitas merupakan kebutuhan sangat penting untuk menunjang keberlangsungan hidup manusia sebagai makhluk sosial. Kebutuhan fasilitas tersebut yang banyak berkembang saat ini bisa berupa rumah tinggal, kantor, gedung sekolah, tempat perbelanjaan, rumah sakit, jalan dan lain sebagainya.

Berbagai material dan metode juga berkembang begitu pesat untuk membangun infrastruktur yang kuat menopang segala kegiatan manusia. Salah satu material yang sering digunakan saat ini yaitu beton.[1] Beton memiliki banyak kelebihan dibanding material lain untuk menunjang pembangunan infrastruktur. Permintaan bahan bangunan untuk pembuatan beton pun semakin tinggi. Semakin tinggi permintaan bahan bangunan untuk pembuatan beton, semakin banyak pula material alam yang diambil untuk memenuhi

bahan pembuatan beton tersebut seperti kerikil dan pasir yang merupakan sumber daya alam. Maka dari itu, mengingat akan pentingnya pembangunan infrastruktur dan kaitannya dengan kelestarian lingkungan, muncul wacana yang saat ini masih dalam proses perkembangan yaitu *Green Construction* atau konstruksi ramah lingkungan.[2]

Green Construction atau konstruksi ramah lingkungan sangatlah penting diterapkan dalam konstruksi saat ini untuk menjaga keseimbangan alam. Karena jangan sampai perkembangan jaman merusak kelestarian alam yang menjadi tempat tinggal semua makhluk hidup. Selain itu. Salah satu hal dari implementasi *Green Construction* yaitu pemanfaatan kembali limbah-limbah industri yang ada di Indonesia. Mengingat banyaknya industri di Indonesia, maka pemanfaatan limbah tersebut dianggap sangat efisien untuk menjaga kelestarian alam dan demi pembangunan konstruksi yang ramah lingkungan.

Salah satu limbah yang banyak dihasilkan dari suatu industri yaitu limbah marmer dan limbah batu kapur.[3] Marmer dan batu kapur diperoleh dari alam melalui kegiatan penambangan. Proses penambangan menghasilkan bongkahan-bongkahan batu besar yang nantinya akan dipotong atau dihancurkan menjadi bagian yang lebih kecil. Dari proses pemotongan tersebut dihasilkan marmer dan batu kapur dalam bentuk potongan-potongan, kerikil kecil maupun serbuk halus sisa pemotongan.

TINJAUAN PUSTAKA

ada di Indonesia. Mengingat banyaknya industri di Indonesia, maka pemanfaatan limbah tersebut dianggap sangat efisien untuk menjaga kelestarian alam dan demi pembangunan konstruksi yang ramah lingkungan.

Salah satu limbah yang banyak dihasilkan dari suatu industri yaitu limbah marmer dan limbah batu kapur.[3] Marmer dan batu kapur diperoleh dari alam melalui kegiatan penambangan. Proses penambangan menghasilkan bongkahan-bongkahan batu besar yang nantinya akan dipotong atau dihancurkan menjadi bagian yang lebih kecil. Dari proses pemotongan tersebut dihasilkan marmer dan batu kapur dalam bentuk potongan-potongan, kerikil kecil maupun serbuk halus sisa pemotongan.

Beton

Beton sendiri adalah suatu material konstruksi yang merupakan campuran homogen antara semen, air dan agregat dengan perbandingan tertentu untuk mencapai kuat tekan yang dikehendaki. Beton mempunyai kuat tekan yang tinggi serta kuat tarik yang rendah. Kuat tekan beton dihitung berdasarkan per satuan luas beton. [4] Beton akan mencapai kuat tekan maksimum pada umur 28 hari.

Bahan-bahan Penyusun Beton

1. Semen

Semen merupakan serbuk yang halus yang digunakan sebagai perekat antara agregat kasar dengan agregat halus. Apabila bubuk halus ini dicampur dengan air selang beberapa

waktu akan menjadi keras dan dapat digunakan sebagai pengikat hidrolis. Semen jika dicampur dengan air akan membentuk adukan yang disebut pasta semen, jika dicampur dengan agregat halus (pasir) dan air, maka akan terbentuk adukan yang disebut mortar, jika ditambah lagi dengan agregat kasar (kerikil/batu pecah) maka akan terbentuk adukan yang biasa disebut beton. Semen bersama air sebagai kelompok aktif sedangkan pasir dan kerikil sebagai kelompok pasif yang berfungsi sebagai pengisi.

2. Agregat halus (pasir alami dan buatan)

Agregat halus disebut pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian, atau dari hasil pemecahan batu. Agregat yang butir-butirannya lebih kecil dari 1,2 mm disebut pasir halus, sedangkan butir-butir yang lebih kecil dari 0,07 mm disebut *silt*, dan yang lebih kecil dari 0,002 mm.[5]

3. Agregat Kasar

Agregat kasar (kerikil, batu pecah, atau pecahan dari *blast furnace*). Menurut PBB1 1971 N.I – 2, agregat kasar adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari 5 mm.[6]

4. Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat, bahan perekat dan memberikan kemudahan dalam dalam pekerjaan beton. Air untuk pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garam, bahan-bahan organik, dan bahan- bahan lain yang merusak beton dan/atau baja tulangan

Bahan Tambahan

1. Limbah marmer

Marmer (CaCl) merupakan batuan metamorfosa dari batuan gamping atau dolomit (CaCO_3). Pengaruh suhu dan tekanan yang dihasilkan oleh gaya endogen menyebabkan terjadinya rekristalisasi pada batuan tersebut membentuk berbagai foliasi maupun non foliasi. Marmer diperoleh dari alam melalui kegiatan penambangan. Hasil penambangan berupa bongkahan-bongkahan batu.

2. Limbah batu kapur

Batu kapur adalah batuan sedimen karbonat yang sering terdiri dari fragmen kerangka organisme laut seperti karang dan moluska. Bahan utamanya adalah mineral kalsit dan aragonite, yang merupakan bentuk kristal kalsium karbonat yang berbeda (CaCO_3). Kalsit sekunder dapat diendapkan oleh air meteor jenuh (air tanah yang mengendap materi dalam gua) dan menghasilkan speleothem, seperti stalagmite dan stalaktit. Bentuk lain yang diambil oleh kalsit adalah batu kapur oolitik, yang dapat dikenali dari bentuk granularnya (oolit).

Kuat Tekan Beton

Rumus kuat tekan beton :

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

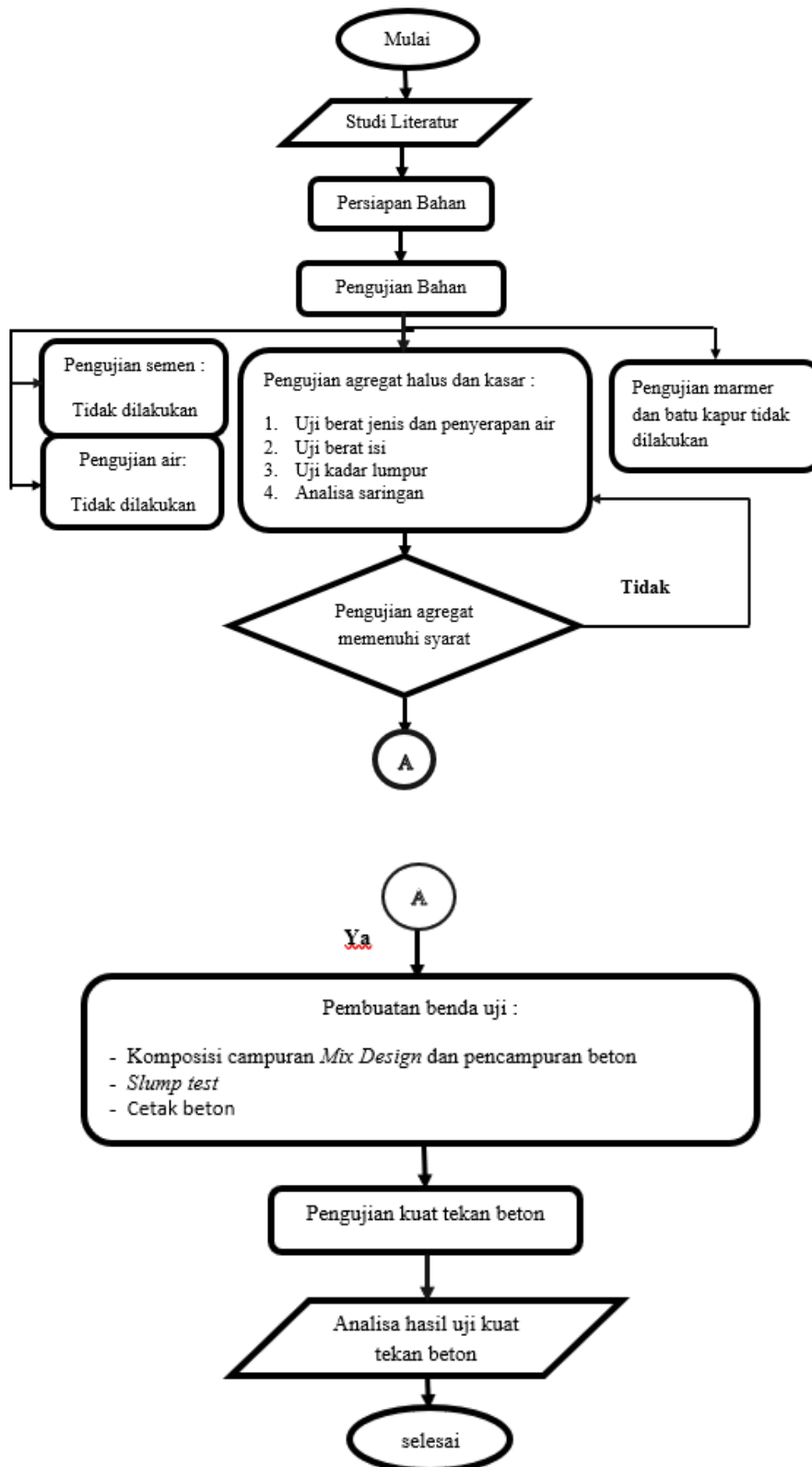
Dimana :

$$\sigma = \text{Kuat tekan beton (Kg/cm}^2\text{)}$$

P = Beban tekanan (Kg)

A = Luas bidang tekan (cm^2)

METODE PENELITIAN



Gambar 1 Flowchart Penelitian

Jumlah Sampel Benda Uji

Tabel 1 : Jumlah Sampel Benda Uji

No	Persentase bahan tambahan (limbah marmer dan batu kapur)	Jenis pengujian	Dimensi kubus (cm)	Jumlah benda uji untuk umur (hari)		Jumlah total
				7	28	
1	0%	Kuat tekan	15 ³	1	1	2
2	25%	Kuat tekan	15 ³	1	1	2
3	50%	Kuat tekan	15 ³	1	1	2
4	75%	Kuat Tekan	15 ³	1	1	2
5	100%	Kuat tekan	15 ³	1	1	2
Total						10

Perhitungan kebutuhan Material

1. Volume Kubus

Rumus :

$$V = s \times s \times s$$

$$V = 0,15 \times 0,15 \times 0,15 \\ = 0,003375 \text{ m}^3$$

2. Perbandingan komposisi campuran beton

(berat jenis beton)

1 kg semen : 2 kg pasir sungai : 3 kg

kerikil

$$\text{Semen} = \frac{1}{6} \times 0,003375 \\ = 0,0005625 \text{ m}^3$$

$$\text{Pasir} = \frac{2}{6} \times 0,003375 \\ = 0,001125 \text{ m}^3$$

$$\text{Kerikil} = \frac{3}{6} \times 0,003375 \\ = 0,0016875 \text{ m}^3$$

3. Jumlah Kebutuhan Material Beton

a. Normal

Semen :

$$3 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \times 0,0005625 \text{ m}^3 \\ = 1,7 \text{ kg}$$

Pasir :

$$2,4 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \times 0,001125 \text{ m}^3 = 2,7 \text{ kg}$$

Kerikil :

$$2,4 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \times 0,0016875 \text{ m}^3 = 4 \text{ kg}$$

b. Beton campuran 25 % pasir marmer dan 25% batu kapur

Semen :

$$3 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \times 0,0005625 \text{ m}^3 = 1,7 \text{ kg}$$

Pasir marmer :

$$25\% \times 2,7 \text{ kg} = 0,675 \text{ kg}$$

Pasir :

$$2,7 \text{ kg} - 0,675 \text{ kg} = 2,025 \text{ kg}$$

Batu kapur :

$$25\% \times 4 \text{ kg} = 1 \text{ kg}$$

Kerikil :

$$4 \text{ kg} - 1 \text{ kg} = 3 \text{ kg}$$

c. Beton campuran 50% pasir marmer dan 50% batu kapur

Semen :

$$3 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \times 0,0005625 \text{ m}^3 = 1,7 \text{ kg}$$

Pasir marmer :
 $50\% \times 2,7 \text{ kg} = 1,35 \text{ kg}$

Pasir :
 $2,7 \text{ kg} - 1,35 \text{ kg} = 1,35 \text{ kg}$

Batu kapur :
 $50\% \times 4 \text{ kg} = 2 \text{ kg}$

Kerikil :
 $4 \text{ kg} - 2 \text{ kg} = 2 \text{ kg}$

d. Beton campuran 75% pasir marmer dan 75% batu kapur

Semen :
 $3 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \times 0,0005625 \text{ m}^3 = 1,7 \text{ kg}$

Pasir marmer :
 $75\% \times 2,7 \text{ kg} = 2,025 \text{ kg}$

Pasir :
 $2,7 \text{ kg} - 2,025 \text{ kg} = 0,675 \text{ kg}$

Batu kapur :
 $75\% \times 4 \text{ kg} = 3 \text{ kg}$

Kerikil :
 $4 \text{ kg} - 3 \text{ kg} = 1 \text{ kg}$

e. Beton campuran 100% pasir marmer dan 100% batu kapur

Semen :
 $3 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \times 0,0005625 \text{ m}^3 = 1,7 \text{ kg}$

Pasir marmer :
 $100\% \times 2,7 \text{ kg} = 2,7 \text{ kg}$

Batu kapur :
 $100\% \times 4 \text{ kg} = 4 \text{ kg}$

Rekapitulasi Kebutuhan Material

Tabel 2 : Rekapitulasi Kebutuhan Material

Keterangan	Semen	Pasir	Pasir Marmer	Kerikil	Kerikil Batu Kapur
Beton normal (tanpa campuran limbah)	1,7 kg	2,7 kg	0 kg	4 kg	0 kg
Beton 25% limbah marmer dan 25% limbah batu kapur	1,7 kg	2,025 kg	0,675 kg	3 kg	1 kg
Beton 50% limbah marmer dan 50% limbah batu kapur	1,7 kg	1,35 kg	1,35 kg	2 kg	2 kg
Beton 75% limbah marmer dan 75% limbah batu kapur	1,7 kg	0,675 kg	2,025 kg	1 kg	3 kg
Beton 100% limbah marmer dan 100% limbah batu kapur	1,7 kg	0 kg	2,7 kg	0 kg	4 kg

Kuat Tekan Beton

1. Kuat Tekan Beton 7 Hari

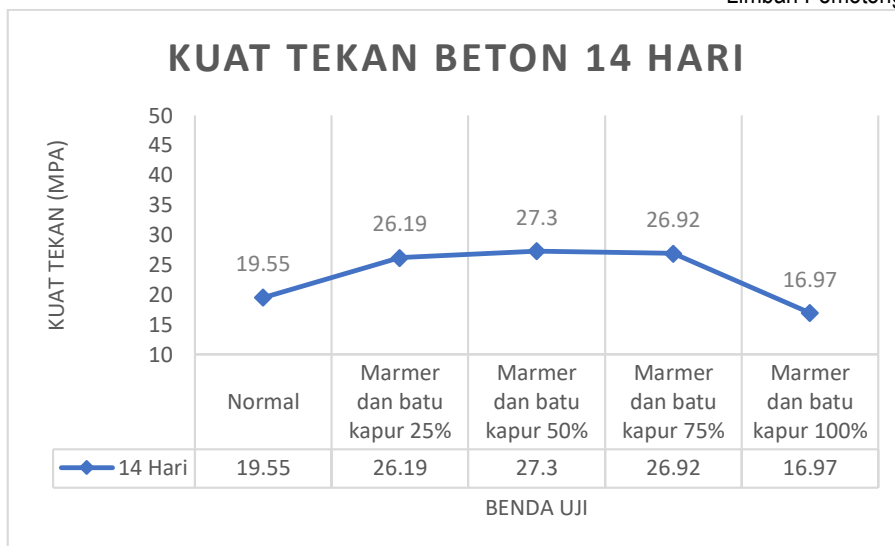
Tabel 3 : Nilai Kuat Tekan Benda Uji Umur 7 hari

No	Benda Uji	Berat Benda Uji (kg)		Luas Bidang (mm ²)	Beban (N)	f'ck (N/mm ²)	f'ck (kg/cm ²)	Koefisien Silinder (kg/cm ²)	f'c (Mpa)
		Sebelum Direndam	Setelah Direndam						
1	Normal	7.4	7.7	22500	530,000	23.56	240.16	199.33	19.55
2	Marmer dan batu kapur 25%	8	8.1	22500	710,000	31.56	321.71	267.02	26.19
3	Marmer dan batu kapur 50%	8.1	8.1	22500	740,000	32.89	335.27	278.27	27.3
4	Marmer dan batu kapur 75%	7.8	7.9	22500	730,000	32.44	330.68	274.46	26.92
5	Marmer dan batu kapur 100%	7.6	7.7	22500	460,000	20.44	208.36	172.94	16.97

2. Kuat Tekan Beton 14 Hari

Tabel 4 : Nilai Kuat Tekan Benda Uji Umur 14 hari

No	Benda Uji	Berat Benda Uji (kg)		Luas Bidang (mm ²)	Beban (N)	f'ck (N/m ²)	f'ck (kg/cm ²)	Koefisien Silinder (kg/cm ²)	f'c (Mpa)
		Sebelum Direndam	Setelah Direndam						
1	Normal	7.4	7.8	22500	540,000	24	244.65	203.06	19.92
2	Marmer dan batu kapur 25%	8	8.2	22500	760,000	33.78	344.34	285.8	28.04
3	Marmer dan batu kapur 50%	8	8.2	22500	1,180,000	52.44	534.56	443.68	43.53
4	Marmer dan batu kapur 75%	7.5	7.8	22500	700,000	32.67	333.03	276.41	27.12
5	Marmer dan batu kapur 100%	7.7	8	22500	720,000	32	326.2	270.75	26.56

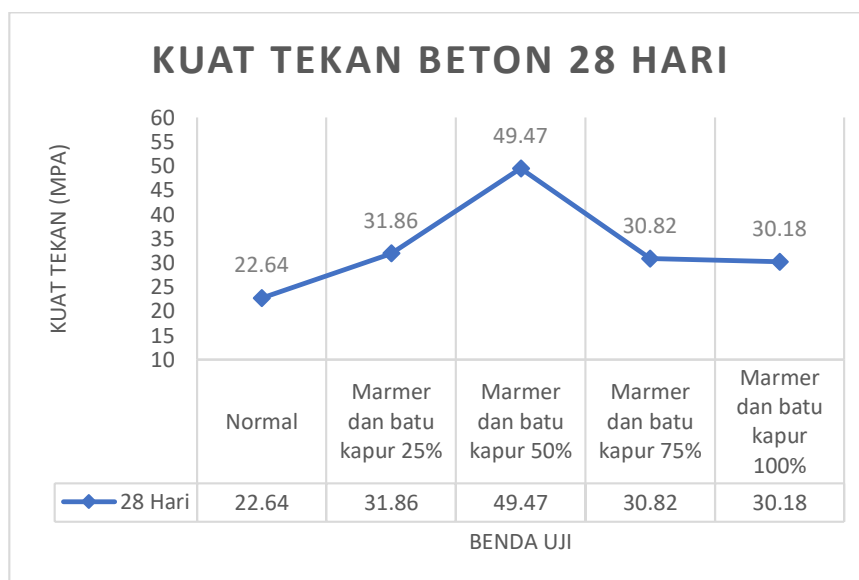


Gambar 3 : Grafik Uji Tekan Beton 14 Hari

3. Kuat Tekan Beton 28 Hari

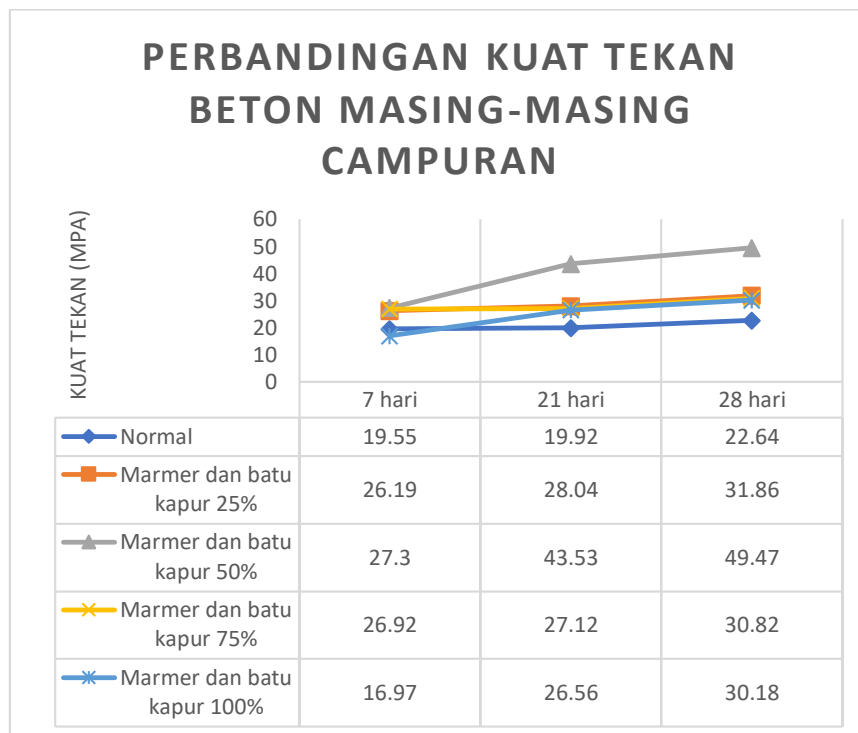
Tabel 5 : Nilai Kuat Tekan Benda Uji Umur 28 hari

No	Benda Uji	f'c (Mpa)	Nilai Konversi 28 Hari	f'c (Mpa)
1	Normal	19.92	0.88	22.64
2	Marmer dan batu kapur 25%	28.04	0.88	31.86
3	Marmer dan batu kapur 50%	43.53	0.88	49.47
4	Marmer dan batu kapur 75%	27.12	0.88	30.82
5	Marmer dan batu kapur 100%	26.56	0.88	30.18



Gambar 4 : Grafik Uji Tekan Beton 28 Hari

4. Kuat Tekan Beton Keseluruhan



Gambar 5 : Grafik Uji Tekan Beton Masing-masing Campuran 7, 14 dan 28

KESIMPULAN

Berdasarkan data yang didapat dari hasil penelitian, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan batu kapur dan marmer dapat dipakai untuk substitusi agregat pada campuran beton tetapi untuk skala kecil, karena jika yang dibuat adalah skala besar maka akan dibutuhkan pula batu kapur dan marmer yang banyak dari alam.
2. Nilai kuat tekan beton maksimal yang dapat dicapai pada hari ke 7, 14 dan 28 yaitu pada campuran batu kapur dan marmer masing-masing sebesar 50% dari keseluruhan agregat yang dibutuhkan.
3. Untuk beton normal pada hari ke 7, 14 maupun 28 hari hasil yang didapat tidak memenuhi rencana beton K 300 atau f^c 25 Mpa.
4. Untuk beton campuran 25% limbah batu kapur dan marmer pada hari ke 7, 14 dan 28 hari didapatkan hasil baik yaitu memenuhi rencana beton K 300 atau f^c 25 Mpa, hanya saja nilainya masih dibawah campuran 50% limbah.
5. Untuk beton campuran diatas 50% (yaitu 75% dan 100% limbah) didapatkan hasil kuat tekan yang lebih kecil dari campuran limbah 50%, walaupun untuk campuran limbah 75% dan 100% tetap memenuhi rencana beton K 300 atau f^c 25 Mpa.
6. Untuk penggunaan batu kapur dan marmer dari hasil penelitian sangat baik untuk digunakan pada campuran beton karena dapat menaikkan nilai kuat tekan

dari beton normal, hanya saja dibutuhkan persentase yang tepat untuk mencapai nilai kuat tekan beton maksimal yang direncanakan.

10.26760/rekaracana.v5i4.13.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Mulyono, *Teknologi Beton*. 2003.
- [2] Badan Standardisasi Nasional, "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002," *Bandung Badan Stand. Nas.*, 2002.
- [3] N. Rochmah and G. Sarya, "Pengaruh Serbuk Batu Kapur terhadap Uji Tekan Beton. (Hal. 13-20)," *RekaRacana J. Tek. Sipil*, 2019, doi:
- [4] SNI 1974-2011, "Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder," *Badan Stand. Nas. Indones.*, 2011.
- [5] A. Dumyati and D. F. Manalu, "Analisis Penggunaan Pasir Pantai Sampur Sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton," *Jurnal*, 2015.
- [6] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 03-1968-1990 Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar," *Badan Standar Nas. Indones.*, 1990.