

## ANALISIS KUAT TEKAN DAN *ULTRASONIC PULSE VELOCITY (UPV TEST)* PADA MUTU BETON K 350 MENGGUNAKAN BETON SISA PENGUJIAN SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT KASAR

Azhar Darujati<sup>1</sup>, Sartika Nisumanti<sup>1,\*</sup>, Ghina Amalia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Indo Global Mandiri, Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia

\*Corresponding authors: [sartika.nisumanti@uigm.ac.id](mailto:sartika.nisumanti@uigm.ac.id)

Submitted: 17 October 2022, Revised: 20 December 2022, Accepted: 25 January 2023

**ABSTRACT:** One of the efforts to reduce the exploitation of natural rock as a constituent material for concrete is to utilize the concrete left over from the test. The test waste concrete used is leftover concrete or waste from laboratory test results as a substitute for coarse aggregates in the manufacture of new concrete. The purpose of this study is to determine the effect of using the residual concrete of the test as a substitution of coarse aggregates in the concrete mixture against the values of compressive strength and density through the ultrasonic pulse velocity (UPV) test. The research method used in this study is an experimental method by testing the compressive strength of concrete and testing ultrasonic pulse velocity (UPV test). From the test results, the average compressive strength of mixed concrete left over from the test experienced an increase in concrete compressive strength at a variation of 25% by 25.3 MPa, 35% by 26.7 MPa, and 50% by 28.6 MPa, but did not exceed normal concrete by 30.6 MPa. Meanwhile, the results of ultrasonic pulse velocity (UPV) testing experienced an increase in the average rapid propagation of 25% variation waves by 4034.0 m/s, 35% by 4413.7 m/s, 50% by 4589.3 m/s, and normal concrete by 4534.3 m/s. So the higher the compressive strength value of concrete, the higher the UPV test results will be.

**KEYWORDS:** compressive strength; concrete; remaining of concrete test; ultrasonic pulse velocity (UPV); variations.

**ABSTRAK:** Salah satu upaya untuk mengurangi eksploitasi batuan alam sebagai bahan penyusun beton adalah memanfaatkan beton sisa pengujian. Beton sisa pengujian yang digunakan adalah beton sisa atau limbah dari hasil pengujian laboratorium sebagai pengganti agregat kasar dalam pembuatan beton baru. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan beton sisa pengujian sebagai substitusi agregat kasar dalam campuran beton terhadap nilai kuat tekan dan kepadatan melalui uji ultrasonic pulse velocity (UPV). Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental dengan melakukan pengujian kuat tekan beton dan pengujian ultrasonic pulse velocity (UPV test). Dari hasil pengujian kuat tekan rata-rata beton campuran sisa pengujian mengalami peningkatan kuat tekan beton pada variasi 25% sebesar 25.3 MPa, 35% sebesar 26.7 MPa, dan 50% sebesar 28.6 MPa, akan tetapi tidak melebihi beton normal sebesar 30.6 MPa. Sedangkan hasil pengujian ultrasonic pulse velocity (UPV) mengalami peningkatan pada rata-rata cepat rambat gelombang variasi 25% sebesar 4034.0 m/s, 35% sebesar 4413.7 MPa, 50% sebesar 4589.3 m/s, serta beton normal nya sebesar 4534.3 m/s. Jadi semakin tinggi nilai kuat tekan beton maka akan semakin tinggi juga hasil pengujian UPV.

**KATA KUNCI:** kuat tekan beton; beton; beton sisa pengujian; ultrasonic pulse velocity (UPV); variasi.

© The Author(s) 2020. This article is distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International license.

### 1 PENDAHULUAN

Beton merupakan bentuk dasar kehidupan masyarakat modern memiliki fungsi bagi pembangunan dan komponen konstruksi yang memiliki sifat kokoh serta tahan lama yang campurannya terdiri dari semen, agregat kasar, agregat halus dan air yang membentuk massa padat. (Cahyo et al., 2020; Puspita et al., 2020; Gaus & Chairul, 2020). Beton banyak digunakan sebagai konstruksi bangunan gedung, jembatan, dermaga dan bangunan infrastruktur pada umumnya (Farida et al., 2019). Banyaknya jumlah penggunaan beton dalam konstruksi mengakibatkan meningkatnya kebutuhan

akan material pembentuk beton itu sendiri seperti agregat (Duaa et al., 2022).

Penggunaan batu bata dalam campuran beton masih belum umum di Indonesia karena bahan untuk campuran beton itu sendiri sudah tersedia dan semakin mahal setiap tahunnya. Agregat kasar membentuk hampir 78% bahan pengisi utama dalam campuran beton (Astanto, 2001).

Produk baru agregat dapat diperoleh dengan mendaur ulang limbah, sehingga memungkinkan untuk mengurangi masalah dengan penyimpanan limbah konstruksi (Zena & Ahlam, 2021). Produk tersebut menggunakan kembali atau mendaur ulang sampah

juga lebih ramah lingkungan (Ali & Alam, 2019; Warnphen et al, 2019).

Salah satu limbah yang memenuhi syarat sebagai material alternatif dan berwawasan lingkungan adalah beton sisa pengujian sehingga dapat menghasilkan beton yang ekonomis. Limbah ini diperoleh dari PT. Waskita Beton Precast Plant Gasing, karena terdapat pengujian benda uji beton mencapai 40 benda uji atau  $\pm 400$  kg dalam pengujian hariannya.

Pemanfaat beton sisa pengujian sebagai material penyusun dapat mengurangi penggunaan batuan alam. Penelitian oleh Soelarso et al. (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar pada beton normal terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas, hasil penelitian ini disimpulkan variabilitas kualitas limbah mengakibatkan perbedaan sifat-sifat material beton yang dihasilkan dan cenderung menurunkan kuat tekan dan modulus elastisitas.

Beton kualitas baik merupakan adanya rongga dan retak. Pada penelitian Putri et al. (2019) melakukan pengujian langsung (*in situ*) dengan pengujian *non-destructive test* (NDT) yang salah satunya menggunakan pengujian UPV. Penelitian bertujuan untuk mengetahui hubungan antara kuat tekan dengan kecepatan beton yang dihasilkan oleh uji UPV. Penelitian ini menganalisis kecepatan yang diperoleh dari pengujian UPV pada benda uji berbentuk silinder dengan variasi agregat yang berbeda yaitu beton fiber, beton pumice, beton porous, dan beton daur ulang. Oleh sebab itu, beton sisa pengujian dapat dimanfaatkan sebagai pengganti agregat kasar (batu pecah), termasuk juga mengetahui kuat tekan dan homogenitas melalui UPV yang dibuat dengan memanfaatkan bahan recycle sebagai campuran agregat kasar menjadi beton mutu K-350.

Limbah beton adalah material sisa atau pecahan dari benda uji beton tidak lagi cocok untuk konstruksi (Maulana et al., 2020). Kuat tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas (Nisumanti & Rusman, 2014). Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kekuatan beton yang diharapkan dapat menghasilkan sesuai dengan yang direncanakan (Qubro et al., 2021). Uji UPV adalah inspeksi non-destruktif struktur menggunakan gelombang ultrasonik. Metode pemeriksaan ini melibatkan penentuan kecepatan rambat gelombang longitudinal melalui beton (Abdelmajeed et al., 2018; Azad, 2020).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari beton sisa pengujian sebagai pengganti agregat kasar terhadap kuat tekan dan UPV, dan untuk mengetahui persentase agregat pengganti paling optimum agar menghasilkan nilai kuat tekan beton normal yang maksimal diantara proporsi yang direncanakan.

## 2 METODOLOGI

### 2.1 Lokasi

Penelitian inidilakukan di Laboratorium PT. Waskita Beton Precast, Tbk, Plant Gasing, Sumatera Selatan.

### 2.2 Material Pengujian

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Semen *portland* Type 1 (Gresik)
2. Agregat halus (Banyuasin)
3. Agregat kasar (Bojonegara)
4. Beton sisa pengujian sebagai substitusi agregat kasar dengan mutu K500-K600 dari PT. Waskita Beton Precast Plant Gasing.

Masing-masing tipe beton terdiri komponen penyusun utama yang berbeda. Agregat penyusun utama untuk beton substitusi adalah beton sisa pengujian, sedangkan untuk beton normal agregat penyusun utamanya adalah batu pecah (*split*).

### 2.3 Tahapan Pengujian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Tahapan pengujian ini berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan *American Society for Testing and Materials* (ASTM). Tahapan-tahapan pengujian pada penelitian ini antara lain yaitu:

#### 2.3.1 Pemeriksaan bahan penyusun beton

Pemeriksaan bahan/material dari penyusun beton dilakukan agar bahan yang digunakan telah memenuhi nilai syarat yang telah ditentukan untuk pembuatan beton.

1. Pemeriksaan analisa saringan agregat halus dan kasar menggunakan ASTM C 136 dan SNI 1968-2010 (BSN, 2010). Pengujian dilakukan untuk mengetahui gradasi dari agregat dan nilai maksimum dari agregat menggunakan saringan.
2. Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dan kasar menggunakan ASTM C 117 dan SNI 03-4142-1996 (BSN, 1996). Pengujian ini bertujuan untuk menentukan persentase kadar lumpur dalam agregat.
3. Pemeriksaan kandungan organik agregat halus menggunakan ASTM C 40 dan SNI 2816-2014 (BSN, 2014). Pemeriksaan bertujuan untuk memeriksa kadar bahan organik yang terkandung di dalam agregat halus.
4. Pemeriksaan berat isi agregat halus dan kasar menggunakan ASTM C 29 dan SNI 03-4804-1998. Pengujian berat isi pada agregat dilakukan untuk mengkonversi dari satuan berat ke satuan volume.

5. Pemeriksaan berat jenis dan absorpsi agregat halus dan kasar menggunakan ASTM C 127 dan SNI 1969-2008 (BSN, 2008a). Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar dilakukan untuk menentukan berat jenis (*specific gravity*) dan kemampuan agregat kasar dalam menyerap air (absorpsi).
6. Pemeriksaan keausan dengan mesin *Los Angeles* menggunakan ASTM C 131 dan SNI 2417-2008 (BSN, 2008b). Pemeriksaan keausan/abrasi dilakukan untuk mengetahui ketahanan aus agregat kasar.

### 2.3.2 Perencanaan campuran beton/DMF (*design mix formula*)

Perencanaan campuran beton dilakukan dengan menentukan komposisi campuran beton berdasarkan hasil pemeriksaan atau pengujian material.

### 2.3.3 Pembuatan benda uji

Sample benda uji yang dibuat atau digunakan pada penelitian ini adalah silinder yang berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan masing-masing variasi seperti pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Benda Uji

Benda Uji	Benda Uji Kuat Tekan			Jumlah
	7 hari	14 hari	28 hari (UPV)	
BN	3	3	3	9
BS – 25%	3	3	3	9
BS – 35%	3	3	3	9
BS – 50%	3	3	3	9

Keterangan:

- BN = Beton Normal K-350 (Fc' 30 Mpa)
- BS – 25% = Beton Substitusi 25%
- BS – 35% = Beton Substitusi 35%
- BS – 50% = Beton Substitusi 50%

### 2.3.4 Pengujian slump

Pengujian dilakukan untuk mengukur kelecakan adukan beton yaitu kepadatan atau kecairan adukan yang berguna dalam pengerjaan beton.

### 2.3.5 Perawatan benda uji (*curing*)

Cara perawatan benda uji yang digunakan dalam penelitian ini dengan cara perendaman pada bak tampung berisi air dari PT. Jaya Bersama. Pada penelitian ini menggunakan bak persegi panjang dengan ukuran panjang 2 m, lebar 1.5 m dan tinggi 1 m dengan tinggi perendaman 0.9 m.

### 2.3.6 Pengujian kuat tekan

Pada penelitian kali ini akan dilakukan pengujian kuat tekan setelah beton berumur 7, 14, dan 28 hari. Pengujian kuat tekan beton ini bertujuan untuk mengetahui apakah kuat tekan beton yang dibuat telah sesuai dengan yang direncanakan.

### 2.3.7 Pengujian UPV

Pengujian ini dilakukan Mengevaluasi atau menentukan keseragaman dan mutu relatif beton, mendeteksi adanya rongga dan retak, dan menilai efektivitas perbaikan retak.

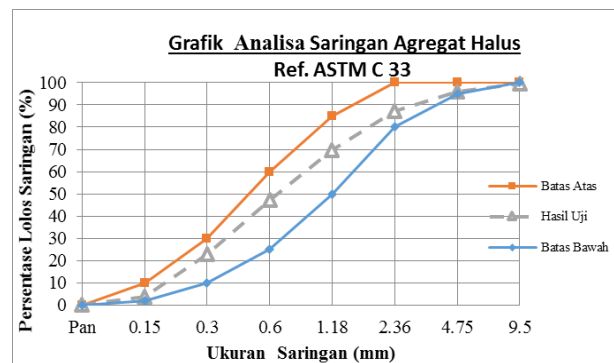
## 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang akan dibahas pada penelitian ini adalah analisis pengujian material, hasil pengujian slumps, hasil uji kuat tarik belah beton, dan analisis harga beton.

### 3.1 Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton

#### 3.1.1 Pemeriksaan analisa saringan agregat halus

Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus dapat dilihat pada Gambar 1.

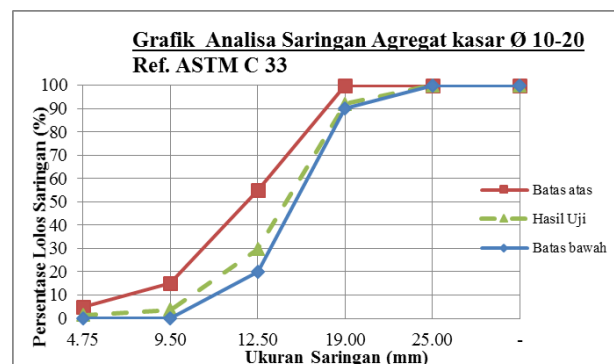


**Gambar 1.** Analisa Saringan Agregat Halus

Gambar 1 menunjukkan hasil pengujian analisa saringan agregat halus *fineness modulus* agregat halus yang didapatkan adalah 2.74. Menurut ASTM C 136, syarat batas *fineness modulus* untuk agregat halus berkisar antara 2.30-3.10. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai *fineness modulus* agregat halus memenuhi persyaratan sebagai bahan campuran beton.

#### 3.1.2 Pemeriksaan analisa saringan agregat kasar

Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Analisa Saringan Agregat Kasar

Gambar 2 menunjukkan hasil pengujian analisa saringan agregat kasar *fineness modulus* agregat halus yang didapatkan adalah 7.73. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa nilai *fineness modulus* agregat kasar memenuhi persyaratan sebagai bahan campuran beton.

### 3.1.3 Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dan kasar

Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat halus didapat data-data pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur

Kadar Lumpur	Hasil
Agregat Halus	1.57%
Agregat Kasar	0.84%

Tabel 2 menunjukkan bahwa persentase kadar lumpur pada agregat halus sebesar 1.57%, dengan standart nilai syarat maksimum kadar lumpur agregat halus adalah 5%. Sedangkan persentase kadar lumpur agregat kasar sebesar 0.84%, syarat kadar lumpur agregat kasar adalah 1%. Dari hasil yang diperoleh, maka agregat halus dan kasar memenuhi syarat untuk pembuatan campuran beton.

### 3.1.4 Pemeriksaan kandungan organik agregat halus

Hasil pemeriksaani kadar organik agregat halus dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Hasil Pemeriksaan Kadar Organik

Gambar 3 menunjukkan hasil pemeriksaan kadar organik agregat halus dengan visual kadar organik yang diperoleh adalah No. 3 warna kuning (standar). Standar visual nilai syarat maksimum kadar organik agregat halus adalah No. 3. Dari hasil pengujian disimpulkan bahwa nilai kadar organik agregat halus memenuhi syarat untuk pembuatan campuran beton.

### 3.1.5 Pemeriksaan berat isi agregat halus dan kasar

Hasil pemeriksaan berat isi agregat terhadap keadaan gembur dan padat dapat dilihat seperti pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Pemeriksaan Berat Isi

Keadaan	Berat jenis hasil pengujian (gr/cm <sup>3</sup> )	
	Agregat halus	Agregat kasar
Gembur	1563.33	1520
Padat	1406.67	1336.67

Standar berat volume agregat yang baik tidak boleh kurang dari 1200 gr/cm<sup>3</sup>. Dari Tabel 3 dapat dilihat nilai berat isi agregat dalam keadaan halus dan kasar > 1200 gr/cm<sup>3</sup>, maka agregat halus dan kasar telah memenuhi standart untuk digunakan material beton.

### 3.1.6 Pemeriksaan berat jenis dan absorpsi agregat halus dan kasar

Hasil dari pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus dan kasar dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan

Jenis Pemeriksaan	Nilai Berat	
	Agregat Halus	Agregat Kasar
Berat jenis ( <i>bulk</i> )	2.62	2.40
Berat jenis permukaan jenuh	2.68	2.45
Berat jenis semu	2.79	2.53
Penyerapan agregat (%)	2.38	2.10

Tabel 4 diperoleh nilai (agregat halus) berat jenis SSD 2.45 dan penyerapan air 2.10%, sedangkan untuk nilai (agregat kasar) diperoleh nilai berat jenis SSD sebesar 2.68 dan penyerapan air sebesar 2.38%. Syarat berat jenis SSD adalah 2.4 dan penyerapan air maksimum 4%, hal ini menunjukkan bahwa karakteristik agregat terhadap berat jenis dan penyerapan memenuhi nilai syarat yang telah ditentukan.

### 3.1.7 Pemeriksaan keausan dengan mesin *los angeles*

Berdasarkan hasil perhitungan pengujian abrasi/keausan agregat kasar diperoleh nilai sebesar 27.33%. Menurut ASTM C 131 dan SNI 2417:2008, standar nilai syarat maksimum abrasi agregat kasar adalah 40% untuk beton tidak terabrasi. Dari hasil tersebut menyatakan bahwa nilai abrasi agregat kasar memenuhi syarat yang ditentukan.

## 3.2 Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm yang terdiri dari 4 (empat) variasi, setiap variasi berjumlah 36 benda uji. Komposisi campuran beton

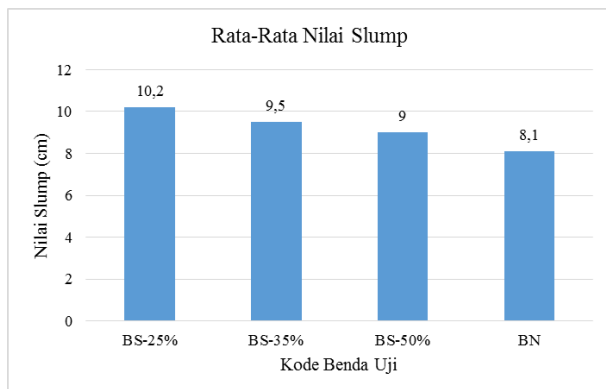
dengan tambahan beton sisa pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Komposisi campuran beton

Jenis	Semen (Kg)	Agg Halus (Kg)	Air (Kg)	Agregat Kasar	
				Split / Batu Pecah (Kg)	Beton Sisa Pengujian (Kg)
				(Kg)	(Kg)
BN	25.6	34.9	10.7	58.4	-
BS – 25%	25.6	34.9	10.7	43.8	14.6
BS – 35%	25.6	34.9	10.7	37.9	20.4
BS – 50%	25.6	34.9	10.7	29.2	29.2

### 3.3 Pengujian Slump

Hasil pengujian *slump* pada beton normal dan beton variasi didapatkan hasil seperti pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Nilai Rata-Rata *Slump Test*

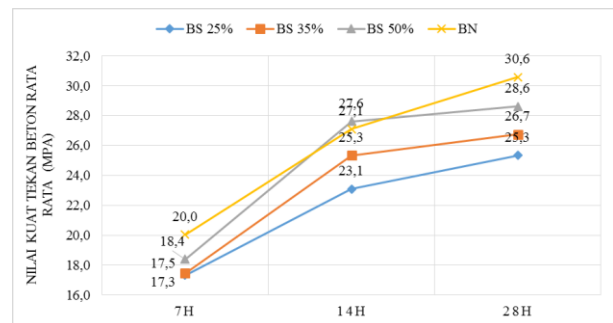
Dari hasil Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai *slump* mengalami penurunan pada variasi benda uji. Dalam hal penurunan nilai *slump* menunjukkan semakin banyak substitusi agregat pada beton, nilai *slump* akan menurun, ini menunjukkan bahwa beton yang dihasilkan lebih kental karena kandungan agregat kasar dengan gradasi bervariasi lebih banyak menyebabkan beton tidak terlalu banyak kandungan airnya/encer. Dari hasil uji *slump* maka nilai *slump* yang diperoleh dari pengujian telah memenuhi standar kisaran nilai *slump* yaitu 8 cm-12 cm.

### 3.4 Pengujian Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan beton normal dan tambahan variasi beton sisa pengujian dari 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5 menunjukkan nilai kuat tekan beton normal dan beton substitusi dari umur 7 hingga 28 hari mengalami kenaikan yang stabil dan konstan, hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar substitusi pada beton akan semakin tinggi juga nilai kuat tekannya dan akan berbanding lurus. Begitu juga

sebaliknya, semakin sedikit substitusi pada beton akan semakin rendah nilai kuat tekan yang diperoleh. Hal ini tentu pengaruh dari penggunaan beton sisa pengujian dengan mutu K 500 - K 600, akan tetapi belum melebihi beton normalnya yaitu  $F_c$  30 MPa/K 350 pada umur 28 hari.

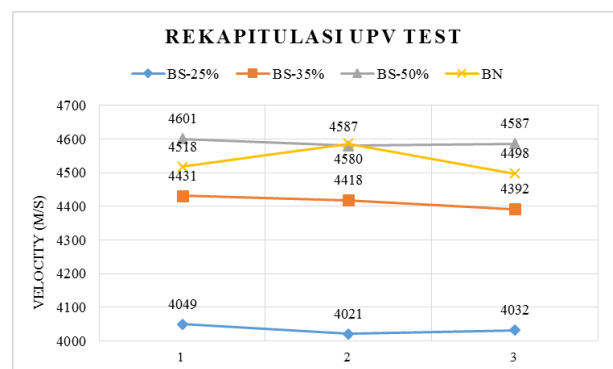


**Gambar 5.** Kuat Tekan Beton

Pada penelitian Soelarso et al. (2016) menyatakan penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar berpengaruh pada kuat tekan. Kuat tekan cenderung menurun seiring dengan bertambahnya persentase agregat limbah beton. Perbandingan hasil ini disebabkan karena jenis limbah beton yang digunakan dan kadar persentase substitusi.

### 3.5 Pengujian UPV

Hasil pengujian UPV pada umur ke 28 hari dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Pengujian UPV

Gambar 6 dapat diketahui nilai *velocity* setiap benda uji dengan campuran beton normal, beton substitusi 25%, beton substitusi 35% dan beton substitusi 50% mengalami kenaikan dan penurunan pada umur 28 hari, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak penambahan persentase substitusi akan semakin tinggi juga nilai UPV dan kepadatan beton itu sendiri, dengan hasil rata-rata kecepatan 4589 m/s yang berstatus *excellent* hanya beton substitusi 50% yang melebihi beton normal.

Pada penelitian Putri et al. (2019) menyatakan kecepatan beton variasi fiber bernilai tinggi hal ini



dikarenakan rongga didalam beton fiber sedikit yang membuat kerapatan pada beton fiber tinggi, kecepatan pada beton pumice rendah hal ini dikarenakan rongga beton lebih banyak membuat kerapatan beton pumice kecil, sehingga kecepatan rendah, kecepatan pada beton porous nilainya rendah, hal ini dikarenakan rongga beton lebih banyak membuat kerapatan beton porous rendah, dan kecepatan pada beton *recycle* tinggi hal ini dikarenakan rongga didalam beton *recycle* lebih sedikit yang membuat kerapatan pada beton *recycle* tinggi dengan kecepatan sebesar 4217 m/s.

Perbandingan nilai kecepatan ini adalah jenis limbah beton yang digunakan, karena limbah beton pada penelitian ini menggunakan limbah beton mutu K500 – K 600.

#### 4 KESIMPULAN

Dari analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka ditarik simpulan bahwa pengujian kuat tekan rata-rata beton campuran sisa pengujian mengalami peningkatan kuat tekan beton pada variasi 25% sebesar 25.3 MPa, 35% sebesar 26.7 MPa, dan 50% sebesar 28.6 MPa, akan tetapi tidak melebihi beton normal sebesar 30.6 MPa. Sedangkan hasil pengujian UPV mengalami peningkatan pada rata-rata cepat rambat gelombang variasi 25% sebesar 4034.0 m/s, 35% sebesar 4413.7 m/s, 50% sebesar 4589.3 m/s serta beton normal nya sebesar 4534.3 m/s.

Persentase agregat pengganti paling optimum agar menghasilkan nilai kuat tekan beton yang maksimal adalah variase dengan persentase 50%.

Pada penelitian selanjutnya, untuk memperoleh hasil yang maksimal penulis menyarankan agar melakukan pengujian kuat tarik dan analisis rencana anggaran biaya (RAB) antara beton menggunakan batuan alam dan beton menggunakan sisa pengujian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdelmajeed, A., Shahiron, S., Faesal, A., Mohammed E., Nurul, I., Raihan, R. H., Sharifah, S., Mohd, Z., Faisal, S. K., & Mohd, H. W. I. (2018). Evaluate the Expressions of Compression Strength and UPV Relationship. *International Journal of Integrated Engineering*, 10(8), 33-37.
- Azad, A. M. (2020). Compressive Strength-Ultrasonic Pulse Velocity Relationship of Concrete Containing Plastic Waste. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 978(1).
- Ali, A., & Alam, S. (2019). Partial Replacement of Fine Aggregate with Brick Dust. *International Journal of Technical Innovation in Modern Engineering & Science*, 5, 77-80.
- Astanto. (2021). *Kontruksi Beton Bertulang*. Yogyakarta: Kanisus.
- ASTM. (1985). *ASTM C. 150-1985. Standard Spesification for Portland Cement*. Annual Books of ASTM Standard. Philadelphia, USA.

- ASTM. (1995). *ASTM C. 125-1995:61 Standard Definition of Terminology Relating to Concrete and Concrete Agregates*. ASTM International.
- BSN. (1996). *SNI 03-4141-1996 tentang cara uji kadar lumpur pada agregat halus*. Badan Standardisasi Nasional.
- BNS. (2008a). *SNI 1969-2008 tentang cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar*. Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (2008b). *SNI 1970-2008 tentang cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus*. Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (2010). *SNI 1968-2010 tentang metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar*. Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (2014). *SNI 2816-2014 tentang metode uji bahan organik dalam agregat halus untuk beton*. Badan Standardisasi Nasional.
- Cahyo, Y., Candra, A. I., Siswanto E, & Gunarto, A. (2020). The Effect of Stirring Time and Concrete Compaction on K-200 Concrete Press Strength. *Journal of Physics: Conference Series*, 1569(4).
- Duaa, J. A., Zena, K. A., & Suhair, K. A. (2022). Some Properties of Concrete Containing Waste Brick As Partial Replacement Of Coarse Aggregate And Addition Of Nano Brick Powder. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 961(1).
- Farida, I., Krisdian, A., Walujodjati, E., & Roestaman, R. (2019). Proportion limits the effect of mixture of red brick stone on concrete strength. *Journal of Physics: Conference Series*, 1402(4).
- Gaus, A. I., & Chairul, A. (2020). Analysis of The Mechanical Properties of Concrete Beams That Use Pumice as a Partial Substitution of Concrete Mixtures. *Journal of Physics: Conference Series*, 1569(4).
- Maulana, A., Retno, U., & Megah, A. (2020). Pemanfaatan Limbah Beton Sisa Pengujian Sebagai Substitusi Agregat Pada Campuran AC-WC. *Potensi Jurnal Sipil Politeknik*, 22(1), 87-95.
- Nisumanti, S., & Rusman, A. (2014). Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Dengan Penambahan Conplast SP 337. *Jurnal Tekno Global*, 3(1), 14-20.
- Puspita, N., Yuni, A., & Febryandi. (2020). Flexural Strength Analysis of Concrete with the Addition B3 Waste as an Additive to Ordinary Portland Cement. *Atlantis Press B.V.*, 7, 343-348.
- Qubro, K. A., Anis, S., & Saloma. (2021). The Compressive Strength of Fly Ash Foamed Concrete with Polypropylene. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series.*, 2509(29), 447-453.
- Soelarso, Baehaki, & Nur, F. S. (2016). Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Beton Normal Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas. *Jurnal Pondasi*, 5(2), 22-29.
- Warnphen, H., Supakata, N., & Kanokkantapong, V. (2019). The Reuse of Waste Glass as Aggregate Replacement for Producing Concrete Bricks as an Alternative for Waste Glass Management on Sichang Island. *Engineering Journal*, 23, 43-58.
- Zena, K. A., & Ahlam, A. A. (2021). The influence of incorporating recycled brick on concrete properties. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 1067(1).