

## UJI ULTRASONIC PULSE VELOCITY PADA BETON NORMAL YANG MENGGUNAKAN BATU KARANG SEBAGAI PENGGANTI KERIKIL

### ULTRASONIC PULSE VELOCITY TEST ON NORMAL CONCRETE USING CORALLIMESTONE AS A REPLACEMENT OF GRAVEL

Alva Yuventus Lukas <sup>1</sup>, J. W. M. Rafael <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Kupang, Jl. Adisucipto Penfui, 85361, Indonesia

Email: [alva.lukas@pnk.ac.id](mailto:alva.lukas@pnk.ac.id)

Received: 28 Mei 2023 Revised: 16 Juni 2023 Accepted: 6 Agustus 2023 Published: 7 Agustus 2023

#### ABSTRAK

Meluasnya penggunaan beton dalam konstruksi bangunan mengakibatkan kebutuhan lebih banyak pada bahan penyusun beton. Masalah yang timbul, turunnya jumlah material penyusun beton yaitu kerikil. Pecahan batu karang atau crushed coral limestone adalah salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi hal tersebut. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui kualitas beton menggunakan batu karang sebagai pengganti kerikil pada variasi 5%, 25%, 50%. dan pengaruh umur beton, mutu beton dan prosentasi batu karang terhadap kecepatan rambat gelombang menggunakan UPV. Metode penelitian adalah eksperimen laboratorium. Kesimpulan penelitian adalah batu karang pulau timor dengan prosentasi 25% dapat digunakan sebagai material alternatif pengganti kerikil dengan rata-rata gelombang UPV 4,56 km/s dan usia beton 28 hari, menunjukkan kualitas beton berada pada kategori "bagus" dan koefisien variasi pada kategori "sangat bagus (excellent)". Sedangkan pada penambahan batu karang sebesar 5% dan 25%, terjadi peningkatan kecepatan gelombang UPV, dan menurun pada variasi 50%, penggunaan batu karang.

**Kata kunci:** Batu Karang, Kuat Tekan Beton, Ultrasonic Pulse Velocity

#### ABSTRACT

The widespread use of concrete in building construction has resulted in a greater need for concrete constituents. The problem that arises is the decrease in the amount of concrete constituent material, namely gravel. Crushed coral limestone is an alternative that can be used to overcome this. The research objective was to determine the quality of concrete using coral as a substitute for gravel at variations of 5%, 25%, 50%. and the effect of concrete age, concrete quality and rock percentage on wave velocity using UPV. The research method is a laboratory experiment. The conclusion of the study is that coral reefs on the island of Timor with a percentage of 25% can be used as an alternative material to replace gravel with an average UPV wave of 4.56 km/s and a concrete age of 28 days, indicating that the quality of the concrete is in the "good" category and the coefficient of variation is in the category "very good (excellent)". Whereas at the addition of coral by 5% and 25%, there was an increase in UPV wave speed, and decreased at 50% variation, the use of coral.

**Keywords:** Concrete Compressive Strength, Coral Limestone, Ultrasonic Pulse Velocity

**PENDAHULUAN**

Meluasnya penggunaan beton dalam konstruksi bangunan mengakibatkan kebutuhan akan lebih banyak pada bahan bangunan penyusun beton itu sendiri, dalam konteks ini adalah material kerikil (agregat kasar), yang meningkatkan kemungkinan penambangan skala besar. Masalah yang timbul dari ini, turunnya jumlah material penyusun beton, dalam hal ini kerikil yang ada untuk keperluan pembuatan beton, berbanding lurus dengan kenaikan harga dan kelangkaan material tersebut. Pecahan batu karang yang sering disebut *crushed coral limestone* merupakan salah satu material alternatif yang dapat digunakan (Kurniawan et al., 2016).

Masyarakat Nusa Tenggara Timur sering menyebut batu gamping atau batu gamping koral (*coraline limestone*) sebagai batu karang. Ini mengacu pada batuan yang pada dasarnya ada hampir di seluruh pulau Timor (Amheka et al., 2019). Menurut data yang dikumpulkan oleh (*Sektor Pertambangan Kabupaten Kupang*, 2019), Batu Gamping Koral adalah sumber tambang utama di Kabupaten Kupang, yang tersebar dominan di wilayah Kupang Barat.

Pemanfaatan batu karang sebagai bahan pembentuk beton hanya dilakukan sebatas abu batu karang (batu karang yang dihaluskan) untuk menggantikan semen dan sebagai agregat kasar pengganti kerikil, Namun material batu karang yang digunakan diluar pulau Timor, Nusa Tenggara Timur dan tidak menunjukkan hasil kualitas beton dari benda uji yang digunakan. seperti halnya penelitian oleh (Bakarbesy, 2015), dalam penelitiannya menggunakan material batu karang dari pulau madura, dan hasil penelitian menunjukkan kuat tekan beton mengalami peningkatan dari setiap variasi campuran batu karang pengganti kerikil (Bakarbesy, 2015). Penelitian menggunakan abu batu karang juga demikian, yaitu kuat tekan beton mengalami peningkatan dari setiap variasi campuran

abu batu karang pengganti pasir (Pertiwi et al., 2021).

Salah satu pengukuran kualitas beton adalah *Non-destructive test* (NDT) dengan *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV). Alat ini digunakan untuk menghitung kecepatan rambat gelombang yang dipancarkan transmiter dan diterima *receiver* pada suatu beton (Yasin & Haza, 2022). Instrument ini dapat memberikan banyak informasi tentang kondisi bagian dalam serta permukaan beton jika digunakan dengan benar dan benar. Jika hubungan antara sifat-sifat elastik suatu benda padat dengan nilai tekannya diketahui, alat ini secara tak langsung dapat memberikan informasi tentang nilai tekan beton (Hutagalung et al., 2022).

Metode pengujian menggunakan UPV, salah satunya adalah metode langsung (*direct method*). Metode langsung melibatkan penempatan *transducer* secara tegak lurus di dua permukaan beton yang berbeda. Panjang lintasan gelombang dihitung dengan mempertimbangkan jarak antara pengirim (*transmitter*) dan penerima (*receiver*). Dibandingkan dengan metode lain, metode langsung menghasilkan transmisi energi gelombang yang paling besar karena posisi *transducer* diletakkan secara paralel (Proceq, 2014).

Hubungan kecepatan rambat gelombang terhadap kualitas beton menurut whitehurst dalam jurnal Sujiati Jepriani, (2014). Disajikan pada tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Klasifikasi Beton Berdasarkan Kecepatan Rambat Gelombang

Kecepatan Gelombang Longitudinal (km/detik.10 <sup>3</sup> )	$\frac{Ft}{detik}$	Kualitas Beton
> 4,5	> 15	Sangat Bagus
3,5 – 4,5	12 – 15	Bagus
3,0 – 3,5	10 – 12	Diragukan
2,0 – 3,0	7 – 10	Jelek
< 2,0	< 7	Sangat Jelek

## Uji Ultrasonic Pulse (Lukas / hal. 17-27)

Sedangkan menurut ACI 214R – 02 standar kontrol beton tergolong baik atau tidak pada setiap pengujian UPV, dapat dilihat dari nilai *coefficient of variation* nya, dan disajikan dalam tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Standar Kontrol Beton

Class of Operation	Within-test Variation				
	Coefficient of Variation for Different Control Standarts (%)				
	Excelent	Very Good	Good	Fair	Poor
Field Construction Testing	< 3	3 to 4	4 to 5	5 to 6	> 6

Sumber: ((*Evaluation of Strength Test Results of Concrete*, 2002))

Banyak penelitian telah dilakukan menggunakan UPV pada beton, terutama dalam memprediksi kualitas beton melalui hubungan cepat rambat gelombang UPV terhadap prediksi kuat tekan beton. Seperti halnya pada penelitian Aribawa, 2019. Terkait variasi mutu beton terhadap kekuatan struktur beton normal menggunakan UPV, menghasilkan bahwa peningkatan kecepatan rambat gelombang berbanding lurus dengan peningkatan mutu beton (Aribawa et al., 2019). Namun penelitian tersebut menggunakan agregat kasar berupa kerikil.

Penelitian lain terkait penggunaan UPV juga dilakukan oleh Indriani, 2019. Pada penelitian tersebut digunakan variasi penyusun agregat kasar yang beragam, dari variasi penyusun agregat kasar tersebut dapat dibuktikan hubungan antara kuat tekan beton dan *Transmission Time* pada jenis variasi agregat kasar tersebut. Hasil pengujian tersebut menyatakan bahwa cepat rambat gelombang dari tes UPV akan memiliki waktu transmisi (*Transmission Time*) yang lebih cepat pada beton yang memiliki kerapatan tinggi (Indriani et al., 2019).

Dari kedua penelitian Aribawa dan Indriani dapat dikatakan kualitas beton dapat di tinjau dari nilai kuat tekan dan kerapatan beton itu sendiri, dengan melihat nilai

kecepatan rambat gelombang dan *Transmission Time* yang dipancarkan oleh alat UPV.

Dalam penelitian ini digunakan agregat kasar adalah batu karang. Dengan variasi penambahan batu karang menggantikan kerikil adalah 5%, dan 25% dan 50%, kemudian akan diuji kualitas beton menggunakan UPV dan alat uji kuat tekan beton. Sedangkan tujuan penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui kualitas beton menggunakan batu karang sebagai pengganti kerikil pada variasi 5%, 25%, dan 50%.
2. Untuk mengetahui pengaruh umur beton, mutu beton pada tiap hari pengamatan (7, 14, 28 hari) dan prosentasi penambahan batu karang sebagai agregat kasar pengganti kerikil terhadap kecepatan rambat gelombang menggunakan *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV).

## METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen laboratorium, sehingga data-data yang didapatkan berdasarkan eksperimen laboratorium, dengan keterangan sebagai berikut:

1. Lokasi Penelitian  
Pengujian sampel dilaksanakan pada Laboratorium Pengujian Bahan, Jurusan Teknik Sipil - Politeknik Negeri Kupang, Nusa Tenggara Timur.
2. Material  
Agregat halus/pasir dan agregat kasar/kerikil berukuran maksimum 40 mm (Gambar 1) diambil dari satu *quarry* yang sama di kota Takari - NTT.



Gambar 1. Agregat Halus dan Agregat Kasar



Gambar 2. Batu Karang

Semen yang digunakan adalah jenis semen PCC (*Portland Composite Cement*) dengan merek dagang Bosowa sedangkan Batu Karang yang digunakan adalah batu karang yang dalam kondisi bersih dengan ukuran batu karang adalah maksimum 40 mm (Gambar 2).

3. Benda Uji

Benda uji (sampel) digunakan bentuk selinder 15/30 cm dengan mutu beton target adalah  $f_c' = 30\text{Mpa}$ . Sedangkan untuk jumlah benda uji ditabulasikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. Jumlah Benda Uji

Usia Sampel	Jumlah Sampel			
	Beton Normal	Variasi Penambahan Batu Karang		
		0%	5%	25%
7	4	4	4	4
14	4	4	4	4
28	4	4	4	4
Total	12	12	12	12

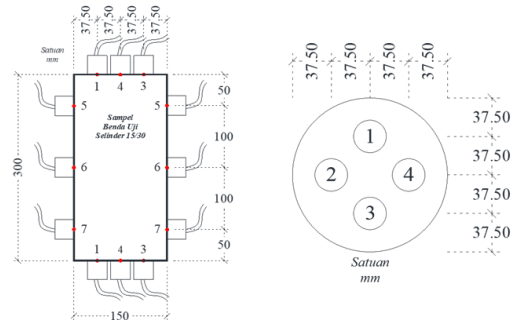
4. Pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV)

Pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) menggunakan alat Proceq – Pundit Lab *Ultrasonic Test Equipment*, dilengkapi dengan 2 *transducer* 54 kHz (1 *transmitter* dan 1 *receiver*).



Gambar 3. Alat *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV)

Metode pengujian yang digunakan dalam pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) adalah pengujian langsung (*direct method*) dengan titik amatan pada benda uji sebanyak 7 titik, seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Letak Pengamatan *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) Pada Benda Uji

5. Pengujian Destruktif (*destructive testing*)

Pengujian destruktif dilakukan menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM) dan dilakukan pada 48 jumlah sampel dari beberapa variasi penambahan batu karang pengganti kerikil.



Gambar 5. *Universal Testing Machine* (UTM)

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Hasil Pengujian Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)**

Pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) pada benda uji dilakukan setiap umur amatan 7, 14, dan 28 hari pada 7 titik amatan dengan pengulangan pengiriman gelombang ultrasonic oleh *transducer* sebanyak 20 kali. Proses pengujian ditunjukkan pada Gambar 6 dibawah ini, dimana benda uji diberikan sinyal gelombang dengan frekuensi 54 kHz oleh *receiver* kemudian sinyal tersebut ditangkap kembali menggunakan *transmitter*, kemudian kecepatan rambat gelombang (*velocity*) dan waktu tiba (*time travel*) gelombang akan dicatat pada alat Pundit Lab. Catatan tersebut yang akan digunakan untuk diolah kembali.



Gambar 6. Pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV)

Hasil *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) pada variasi 5%, 25%, 50% penggunaan batu karang sebagai pengganti kerikil ditabulasikan dalam Tabel 4 dan 5 dibawah ini.

Tabel 4. Nilai *Velocity* Untuk Variasi 5% Penggunaan Batu Karang

Umur Beton	Titik Amatan	Nilai Velocity				Rata-rata
		S1	S2	S3	S4	
[hari]	[no]	[km/s]				
7	1	4,59	4,61	4,44	4,56	4,55
	2	4,47	4,53	4,58	4,46	4,51
	3	4,52	4,55	4,48	4,55	4,52
	4	4,58	4,60	4,47	4,56	4,55
	5	4,27	4,50	4,63	4,37	4,44
	6	4,43	4,49	4,36	4,62	4,48
	7	4,43	4,57	4,43	4,62	4,51
<b>Rata-Rata</b>		<b>4,47</b>	<b>4,55</b>	<b>4,48</b>	<b>4,53</b>	-
14	1	4,69	4,51	4,65	4,51	4,59
	2	4,74	4,54	4,63	4,55	4,62
	3	4,59	4,63	4,59	4,51	4,58
	4	4,59	4,35	4,52	4,47	4,48
	5	4,55	4,31	4,67	4,44	4,49
	6	4,45	4,54	4,62	4,54	4,54
	7	4,43	4,64	4,64	4,37	4,52
<b>Rata-Rata</b>		<b>4,58</b>	<b>4,50</b>	<b>4,62</b>	<b>4,48</b>	-
28	1	4,60	4,63	4,56	4,59	4,60
	2	4,51	4,62	4,60	4,65	4,51
	3	4,46	4,65	4,59	4,62	4,46
	4	4,52	4,58	4,64	4,61	4,52
	5	4,53	4,37	4,52	4,20	4,53
	6	4,60	4,19	4,48	4,56	4,60
	7	4,56	4,60	4,77	4,54	4,56
<b>Rata-Rata</b>		<b>4,54</b>	<b>4,52</b>	<b>4,59</b>	<b>4,54</b>	-

Tabel 5. Nilai *Time Travel* Untuk Variasi 5% Penggunaan Batu Karang

Umur Beton	Titik Amatan	Nilai Time Travel				Rata-rata
		S1	S2	S3	S4	
[hari]	[no]	[km/s]				
7	1	63,95	66,48	64,48	66,50	65,35
	2	63,25	66,05	64,75	66,00	65,01
	3	65,40	64,80	65,33	66,53	65,51
	4	65,38	68,98	66,33	67,10	66,94
	5	33,00	34,83	32,10	33,75	33,42
	6	33,70	33,05	32,50	33,05	33,08
	7	33,85	32,35	32,33	34,35	33,22
<b>Rata-Rata</b>		<b>51,22</b>	<b>52,36</b>	<b>51,11</b>	<b>52,47</b>	-
14	1	65,40	65,10	67,58	65,85	65,98
	2	67,18	66,20	65,50	67,23	66,53
	3	66,40	65,93	66,95	66,00	66,32
	4	65,53	65,18	67,18	65,73	65,90
	5	35,10	33,35	32,40	34,33	33,79
	6	33,83	33,38	34,43	32,45	33,52
	7	33,83	32,83	33,88	32,48	33,25
<b>Rata-Rata</b>		<b>52,46</b>	<b>51,71</b>	<b>52,56</b>	<b>52,01</b>	-
28	1	65,20	64,78	65,75	65,33	65,26
	2	66,55	64,98	65,20	64,48	65,30
	3	67,20	64,55	65,33	64,88	65,49
	4	66,33	65,45	64,65	65,13	65,39
	5	33,10	34,35	33,20	36,13	34,19
	6	32,60	36,03	33,60	32,90	33,78
	7	32,93	32,63	31,45	33,08	32,52
<b>Rata-Rata</b>		<b>51,99</b>	<b>51,82</b>	<b>51,31</b>	<b>51,70</b>	-

Untuk rekapitulasi kecepatan gelombang rata-rata berbagai umur beton pada variasi

5% penggunaan batu karang disajikan dalam Tabel 6 dibawah ini.

Tabel 6. Rekapitulasi Kecepatan Gelombang Rata-Rata Pada Berbagai Umur Beton Untuk Variasi Sampel 5% Batu Karang

Sampel [no]	Velocity		
	7 Hari [km/s]	14 Hari [km/s]	28 Hari [km/s]
1	4,47	4,58	4,54
2	4,55	4,50	4,52
3	4,48	4,62	4,59
4	4,53	4,48	4,54
<b>Rata-Rata</b>	<b>4,51</b>	<b>4,55</b>	<b>4,55</b>
<b>St. Deviasi</b>	<b>0,04</b>	<b>0,06</b>	<b>0,03</b>
<b>Koef. Variasi (%)</b>	<b>0,86</b>	<b>1,38</b>	<b>0,71</b>

Dari Tabel 6. Rata-rata kecepatan gelombang UPV > 4,5 km/s, sesuai Tabel 1, kualitas beton dengan campuran 5% batu karang menggantikan kerikil masuk dalam kategori “sangat bagus”. Nilai koefisien variasi pada usia beton 7, 14, 28 hari lebih kecil dari 3, sesuai dengan Tabel 2, masuk dalam kategori “sangat baik (*excellent*)”.

Tabel 7. Nilai Velocity Untuk Variasi 25% Penggunaan Batu Karang

Umur Beton [hari]	Titik Amatan [no]	Nilai Velocity				Rata-rata
		S1	S2	S3	S4	
7	1	4,37	4,44	4,33	4,31	4,36
	2	4,35	4,38	4,36	3,66	4,19
	3	4,26	4,27	4,30	4,22	4,26
	4	4,37	4,41	3,33	4,01	4,03
	5	4,29	4,17	3,79	3,41	3,92
	6	4,21	4,01	3,82	2,92	3,74
	7	4,63	4,50	4,32	3,07	4,13
<b>Rata-Rata</b>		<b>4,35</b>	<b>4,31</b>	<b>4,03</b>	<b>3,66</b>	-
14	1	4,45	4,28	4,30	4,53	4,39
	2	4,36	4,43	4,36	4,49	4,41
	3	4,49	4,40	4,31	4,39	4,40
	4	4,38	4,02	4,45	4,45	4,33
	5	4,35	4,29	4,48	4,30	4,36
	6	4,22	4,19	4,42	4,24	4,27
	7	4,40	4,38	4,53	4,55	4,47
<b>Rata-Rata</b>		<b>4,38</b>	<b>4,28</b>	<b>4,41</b>	<b>4,42</b>	-
28	1	4,67	4,63	4,56	4,59	4,61
	2	4,60	4,62	4,60	4,65	4,62
	3	4,50	4,65	4,59	4,62	4,59
	4	4,56	4,58	4,64	4,61	4,60
	5	4,56	4,37	4,52	4,20	4,41

Umur Beton [hari]	Titik Amatan [no]	Nilai Velocity				Rata-rata
		S1	S2	S3	S4	
	6	4,59	4,19	4,48	4,56	4,46
	7	4,63	4,60	4,77	4,54	4,63
<b>Rata-Rata</b>		<b>4,59</b>	<b>4,52</b>	<b>4,59</b>	<b>4,54</b>	-

Tabel 8. Nilai Time Travel Untuk Variasi 25% Penggunaan Batu Karang

Umur Beton [hari]	Titik Amatan [no]	Nilai Time Travel				Rata-rata
		S1	S2	S3	S4	
7	1	68,73	67,50	69,28	69,55	68,76
	2	69,00	68,43	68,85	81,90	72,04
	3	70,43	70,20	69,85	71,05	70,38
	4	68,63	68,08	90,13	75,23	75,51
	5	34,95	36,13	40,05	44,40	38,88
	6	35,68	37,48	39,83	51,80	41,19
	7	32,38	33,35	34,75	49,43	37,48
<b>Rata-Rata</b>		<b>54,25</b>	<b>54,45</b>	<b>58,96</b>	<b>63,34</b>	-
14	1	67,38	70,15	70,38	66,25	68,54
	2	68,80	67,78	68,85	66,75	68,04
	3	66,85	68,13	69,63	68,35	68,24
	4	68,53	75,05	67,38	67,45	69,60
	5	34,48	34,95	33,50	34,85	34,44
	6	35,53	35,78	33,95	35,35	35,15
	7	34,08	34,36	33,13	32,98	33,63
<b>Rata-Rata</b>		<b>53,66</b>	<b>55,17</b>	<b>53,83</b>	<b>53,14</b>	-
28	1	64,23	67,10	66,20	67,28	66,20
	2	65,18	67,13	65,03	66,68	66,00
	3	66,60	67,50	66,58	65,90	66,64
	4	65,85	67,60	67,30	66,63	66,84
	5	32,93	34,58	33,43	33,73	33,66
	6	32,68	33,65	34,95	34,00	33,82
	7	32,40	33,25	32,33	33,25	32,81
<b>Rata-Rata</b>		<b>51,41</b>	<b>52,97</b>	<b>52,26</b>	<b>52,49</b>	-

Rekapitulasi kecepatan gelombang rata-rata berbagai umur beton pada variasi 25% penggunaan batu karang disajikan dalam Tabel 9 dibawah ini.

Tabel 9. Rekapitulasi Kecepatan Gelombang Rata-Rata Pada Berbagai Umur Beton Untuk Variasi Sampel 25% Batu Karang

Sampel [no]	Velocity		
	7 Hari [km/s]	14 Hari [km/s]	28 Hari [km/s]
1	4,35	4,38	4,59
2	4,31	4,28	4,52
3	4,03	4,41	4,59
4	3,66	4,42	4,54
<b>Rata-Rata</b>	<b>4,09</b>	<b>4,37</b>	<b>4,56</b>
<b>St. Deviasi</b>	<b>0,32</b>	<b>0,06</b>	<b>0,04</b>
<b>Koef. Variasi (%)</b>	<b>7,85</b>	<b>1,40</b>	<b>0,81</b>

**Uji Ultrasonic Pulse (Lukas / hal. 17-27)**

Dari Tabel 9, dapat dilihat rata-rata kecepatan gelombang UPV pada variasi penggunaan batu karang 25% untuk 7 dan 14 hari adalah > 4,0 km/s, masuk sebagai kategori kualitas beton “bagus” terkecuali di usia beton 28 hari > 4,5 km/s, masuk dalam kategori kualitas beton “sangat bagus”. Artinya pada usia 28 hari kepadatan beton lebih baik sehingga kecepatan rambat gelombang ultrasonic adalah 4,56 km/s > 4,5 km/s. Sedangkan nilai koefisien variasi pada usia beton 28 hari lebih kecil dari 3, maka sesuai Tabel 2, masuk dalam kategori “sangat baik (*excellent*)”.

Tabel 10. Nilai *Velocity* Untuk Variasi 50% Penggunaan Batu Karang

Umur Beton	Titik Amatan	Nilai Velocity				Rata-rata
		S1	S2	S3	S4	
[hari]	[no]	[km/s]				
7	1	4,12	4,00	4,06	4,00	4,05
	2	4,09	3,89	4,17	4,12	4,06
	3	4,23	4,09	4,08	4,09	4,12
	4	4,14	4,02	4,13	4,11	4,10
	5	4,07	3,91	4,11	3,96	4,01
	6	4,00	3,98	3,93	4,02	3,98
	7	4,07	4,21	4,48	4,31	4,27
<b>Rata-Rata</b>		<b>4,10</b>	<b>4,01</b>	<b>4,14</b>	<b>4,09</b>	-
14	1	4,29	4,10	4,19	4,20	4,19
	2	4,20	4,15	4,29	4,11	4,19
	3	4,21	4,22	4,22	4,19	4,21
	4	4,23	4,30	3,95	4,08	4,14
	5	4,12	4,10	4,17	4,28	4,17
	6	4,21	4,17	4,10	4,07	4,14
	7	4,24	4,13	4,45	4,13	4,24
<b>Rata-Rata</b>		<b>4,22</b>	<b>4,17</b>	<b>4,20</b>	<b>4,15</b>	-
28	1	4,33	4,32	4,24	4,31	4,30
	2	4,32	4,38	4,34	4,33	4,34
	3	4,27	4,21	4,19	4,35	4,26
	4	4,32	4,36	4,20	4,30	4,30
	5	4,14	4,16	4,19	4,27	4,19
	6	4,28	4,29	4,12	4,30	4,25
	7	4,36	4,37	4,27	4,64	4,41
<b>Rata-Rata</b>		<b>4,29</b>	<b>4,30</b>	<b>4,22</b>	<b>4,36</b>	-

Tabel 11. Nilai *Time Travel* Untuk Variasi 50% Penggunaan Batu Karang

Umur Beton	Titik Amatan	Nilai Time Travel				Rata-rata
		S1	S2	S3	S4	
[hari]	[no]	[km/s]				
7	1	72,78	74,95	73,83	75,03	74,14
	2	73,43	77,55	71,95	72,88	73,95
	3	70,98	73,43	73,65	73,55	72,90
	4	72,45	74,55	72,73	73,00	73,18
	5	36,83	38,35	36,50	37,85	37,38
	6	37,50	37,73	38,18	37,33	37,68
	7	36,85	35,65	33,45	34,78	35,18

Umur Beton	Titik Amatan	Nilai Time Travel				Rata-rata
		S1	S2	S3	S4	
[hari]	[no]	[km/s]				
<b>Rata-Rata</b>		<b>57,26</b>	<b>58,89</b>	<b>57,18</b>	<b>57,77</b>	-
14	1	69,88	73,40	71,65	71,43	71,59
	2	71,35	72,25	69,88	73,05	71,63
	3	71,20	71,25	71,18	71,68	71,33
	4	70,95	69,73	76,28	73,63	72,64
	5	36,40	36,58	35,95	35,05	35,99
	6	35,63	35,95	36,60	36,90	36,27
	7	35,40	36,35	33,68	36,33	35,44
<b>Rata-Rata</b>		<b>55,83</b>	<b>56,50</b>	<b>56,46</b>	<b>56,86</b>	-
28	1	69,22	69,52	70,74	69,56	69,76
	2	69,46	68,42	69,08	69,26	69,06
	3	70,30	71,18	71,64	68,92	70,51
	4	69,50	68,78	71,42	69,70	69,85
	5	36,20	36,16	35,80	35,12	35,82
	6	35,04	35,00	36,48	34,92	35,36
	7	34,40	34,46	35,30	32,32	34,12
<b>Rata-Rata</b>		<b>54,87</b>	<b>54,79</b>	<b>55,78</b>	<b>54,26</b>	-

Rekapitulasi kecepatan gelombang rata-rata berbagai umur beton pada variasi 50% penggunaan batu karang disajikan dalam Tabel 12 dibawah ini.

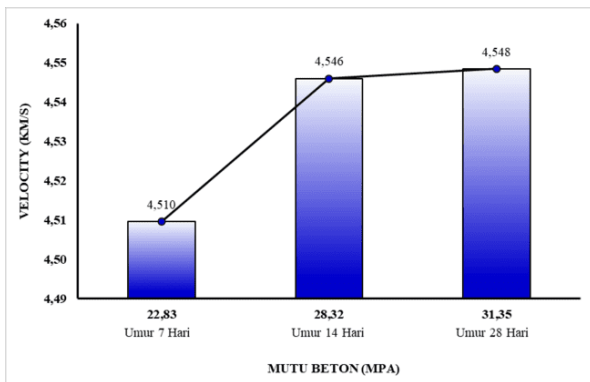
Tabel 12. Rekapitulasi Kecepatan Gelombang Rata-Rata Pada Berbagai Umur Beton Untuk Variasi Sampel 50% Batu Karang

Sampel	Velocity		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
[no]	[km/s]	[km/s]	[km/s]
1	4,10	4,22	4,29
2	4,01	4,17	4,30
3	4,14	4,20	4,22
4	4,09	4,15	4,36
<b>Rata-Rata</b>	<b>4,09</b>	<b>4,18</b>	<b>4,29</b>
<b>St. Deviasi</b>	<b>0,05</b>	<b>0,03</b>	<b>0,06</b>
<b>Koef. Variasi (%)</b>	<b>1,28</b>	<b>0,70</b>	<b>1,29</b>

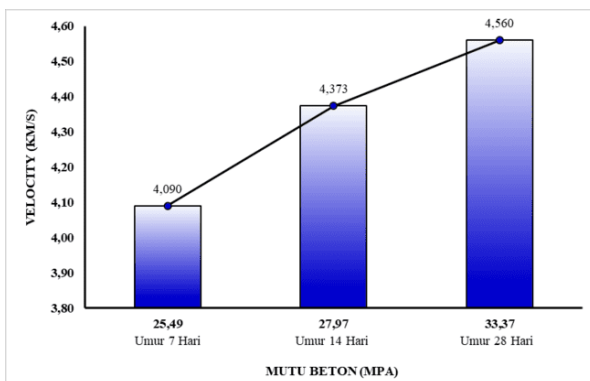
Dari Tabel 12. Rata-rata kecepatan gelombang UPV pada variasi penggunaan batu karang 50% untuk 7, 14, dan 28 hari adalah > 4,0 km/s, masuk sebagai kategori kualitas beton “bagus”. Namun nilainya lebih sedikit menurun dibandingkan sampel variasi 5% dan 25 % penggunaan batu karang. Hal ini diakibatkan beton terisi 50% penggunaan batu karang, dimana tingkat kepadatan batu karang lebih rendah dari kepadatan kerikil. Sedangkan nilai koefisien

variasi pada usia beton 28 hari lebih kecil dari 3, maka sesuai Tabel 2, masuk dalam kategori “sangat baik (*excellent*)”.

Pada variasi 5% (Gambar 7) penggunaan batu karang pengganti kerikil, setelah dilakukan uji UPV pada 12 sampel, didapatkan nilai kecepatan gelombang setiap umur amatan 7, 14, dan 28 hari, terhadap nilai kuat tekannya, adalah mengalami peningkatan 3,64% dari hari ke 7 menuju hari ke 14 dan meningkat lagi 0,24% pada usia amatan 28 hari.



Gambar 7. Grafik Hubungan Kecepatan Rambat Gelombang UPV Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton 7, 14, Dan 28 Hari, Pada Variasi 5% Penggunaan Batu Karang

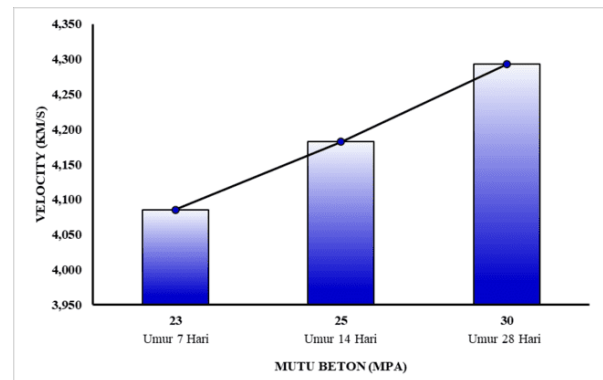


Gambar 8. Grafik Hubungan Kecepatan Rambat Gelombang UPV Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton 7, 14, Dan 28 Hari, Pada Variasi 25% Penggunaan Batu Karang

Pada variasi 25% (Gambar 8) penggunaan batu karang pengganti kerikil,

hasilnya adalah mengalami peningkatan kecepatan gelombang 28,36% dari hari ke 7 menuju hari ke 14 dan meningkat lagi 18,27% pada usia amatan 28 hari.

Sedangkan pada variasi 50% (Gambar 9) penggunaan batu karang pengganti kerikil, hasilnya adalah mengalami peningkatan kecepatan gelombang 28,36% dari hari ke 7 menuju hari ke 14 dan meningkat lagi 18,27% pada usia amatan 28 hari.

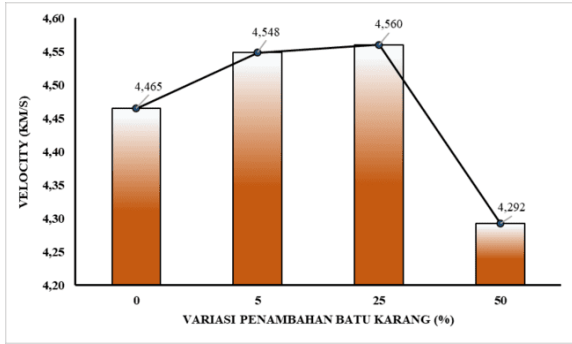


Gambar 9. Grafik Hubungan Kecepatan Rambat Gelombang UPV Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton 7, 14, Dan 28 Hari, Pada Variasi 50% Penggunaan Batu Karang

Hubungan kecepatan gelombang terhadap setiap variasi penambahan batu karang menggantikan kerikil sebagai agregat kasar dalam campuran beton normal adalah :

- (1) Pada variasi penggunaan batu karang 0%, rata-rata kecepatan gelombang 4,465 km/s.
- (2) Pada variasi penggunaan batu karang 5%, rata-rata kecepatan gelombang 4,548 km/s, meningkat 5,36%.
- (3) variasi penggunaan batu karang 25%, rata-rata kecepatan gelombang 4,560 km/s, meningkat 1,159%.
- (4) sedangkan pada variasi penggunaan batu karang 50%, rata-rata kecepatan gelombang 4,292 km/s, menurun 26,756%.

**Uji Ultrasonic Pulse (Lukas / hal. 17-27)**

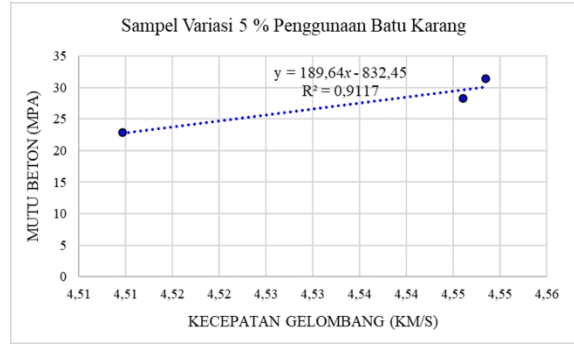


Gambar 10. Grafik Hubungan Kecepatan Rambat Gelombang UPV Terhadap Variasi Penambahan Batu Karang (0%, 5%, 25%, & 50%)

Hal ini menunjukkan semakin banyak prosentase penggunaan batu karang pengganti kerikil (hingga 50%), akan menurunkan nilai kecepatan gelombang UPV menjadi 4,292 km/s, namun masih masuk dalam kategori “Bagus” (lihat Tabel 1). Sedangkan kualitas beton dengan kategori “Sangat Bagus” adalah pada sampel yang menggunakan 25% batu karang sebagai pengganti kerikil, dengan kecepatan gelombang sebesar 4,560 km/s.

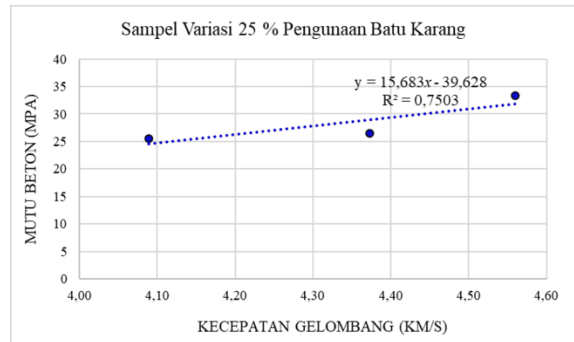
Dengan menggunakan trendline pada microsoft excel didapatkan persamaan regresi linear hubungan kecepatan gelombang ultrasonik UPV terhadap mutu beton dari setiap sampel variasi penambahan batu karang pengganti kerikil yang ditunjukkan pada Gambar 11, Gambar 12, Gambar 13.

Gambar 11 menunjukkan hubungan kecepatan gelombang ultrasonik UPV terhadap mutu beton pada sampel variasi 5 % penggunaan batu karang pengganti kerikil adalah  $R^2 = 0,9117 = 91,2\%$ , yaitu memiliki tingkat keeratan hubungan yang sangat kuat.



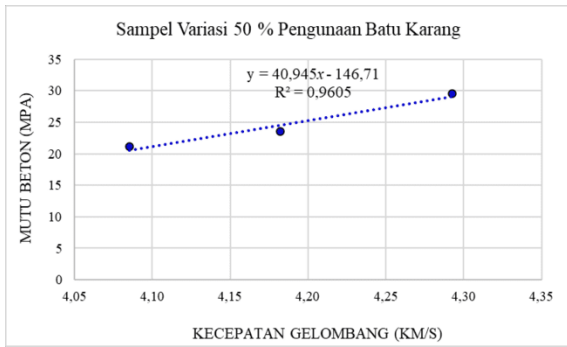
Gambar 11. Grafik Hubungan Kecepatan Rambat Gelombang UPV Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton Pada Variasi 5% Penggunaan Batu Karang

Sedangkan pada Gambar 12 menunjukkan hubungan kecepatan gelombang ultrasonik UPV terhadap mutu beton pada sampel variasi 25 % penggunaan batu karang pengganti kerikil adalah  $R^2 = 0,7503 = 75\%$ , yaitu memiliki tingkat keeratan hubungan yang kuat.



Gambar 12. Grafik Hubungan Kecepatan Rambat Gelombang UPV Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton Pada Variasi 25% Penggunaan Batu Karang

Gambar 13 menunjukkan hubungan kecepatan gelombang ultrasonik UPV terhadap mutu beton pada sampel variasi 50 % penggunaan batu karang pengganti kerikil adalah  $R^2 = 0,96053 = 96\%$ , yaitu memiliki tingkat keeratan hubungan yang sangat kuat.



Gambar 13. Grafik Hubungan Kecepatan Rambat Gelombang UPV Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton Pada Variasi 50% Penggunaan Batu Karang



Gambar 14. Proses Pengujian Destruktif Menggunakan *Universal Testing Machine*

B. Pengujian Destruktif (*Destructive Testing*)

Pengujian ini menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Proses pengujian secara garis besar ditunjukkan dalam Gambar 14, dimana benda uji yang telah melalui tahapan penimbangan berat dan caping akan dimasukkan kedalam mesin UTM, kemudian dilakukan tekan dan dicatat hasilnya. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan kuat tekan beton dari variasi 0%, 5%, dan 25 % masing-masing adalah 29,89 Mpa, 31,35 Mpa, dan 33,37 Mpa. Namun pada penggunaan 50% batu karang sebagai agregat kasar pengganti kerikil, kuat tekan beton mengalami penurunan sebesar 29,51 Mpa lebih kecil dari mutu beton yang ditargetkan yaitu 30 Mpa. Hasil pengujian ditabulasikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 13. Nilai Kuat Tekan Beton Pada Masing-Masing Variasi Sampel Penggunaan Batu Karang

Umur Beton [hari]	Variasi Penggunaan Batu Karang			
	0%	5%	25%	50%
	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
7	24	23	25	23
14	25	28	28	25
28	29,89	31,35	33,37	29,51

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: (1) Kualitas beton menggunakan batu karang sebagai pengganti kerikil pada variasi 5%, 25%, dan 50% penggunaan batu karang tersebut, menunjukkan nilai kualitas beton masuk dalam kategori “bagus” dan koefisien variasi masuk dalam kategori “sangat bagus (*excellent*)”. (2) Kecepatan gelombang UPV dipengaruhi oleh umur beton, mutu beton dalam hari pengamatan (7,14,28 hari), dan prosentasi penambahan batu karang menggantikan kerikil sebagai agregat kasar. Hal ini ditunjukkan dari penambahan batu karang menggantikan kerikil sebesar 5% dan 25%, terjadi peningkatan kecepatan gelombang UPV, akan tetapi pada kondisi 50% penggunaan batu karang kecepatan gelombang UPV menurun. (3) Batu Karang Pulau Timor dapat digunakan sebagai agregat kasar pengganti kerikil dengan prosentasi batu karang yang digunakan adalah 25% dari total kerikil dengan nilai UPV berada pada 4,56 km/s diusia 28 hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Laboratorium Pengujian Bahan, Jurusan Teknik Sipil - Politeknik Negeri Kupang, Nusa Tenggara

## Uji Ultrasonic Pulse (Lukas / hal. 17-27)

Timur yang telah berperan bersama peneliti dalam menyelesaikan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amheka, A., Tuati, F., Rumbino, Y., Kajian Lingkungan Potensi Dan Manfaat Batu Karang Pulau Timor Propinsi Nusa Tenggara Timur Environmental Study Of Potential And Benefits Of Coral Stone Timor Island Province Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Ilmiah Teknologi FST Undana*, 13(1).
- Aribawa, B. B., Wijatmiko, I., & Simatupang, R. M. (2019). Studi Evaluasi Pengaruh Variasi Mutu Beton Terhadap Kekuatan Struktur Beton Normal Menggunakan Metode Non-Destructive Test dan Destructive Test (Vol. 13, Issue 3).
- Bakarbessy, D. (2015). Presentasi Karang Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton Normal (Vol. 2, Issue 12).
- Evaluation of Strength Test Results of Concrete*. (2002).
- Hutagalung, P. L., Sitohang, A., & Ndruru, L. (2022). Aplikasi Non Destructive Test Pada Investigasi Keandalan Struktur Beton Jembatan:(Studi Kasus: Jembatan Aek Boga I Ruas Jalan Singkuang-Natal). *ATDS Saintech Journal of Engineering*, 3(1), 82–88.
- Indriani, F. D., Nainggolan, C. R., & Wijaya, M. N. (2019). Pengaruh Variasi Agregat Kasar Penyusun beton Terhadap Kerapatan Beton Dengan Menggunakan Transmission Time Pada Alat UPV (*Ultrasonic Pulse Velocity*). *Rekayasa Sipil*, 13(1), 32–39.
- Kurniawan, A., Afrizal, Y., & Gunawan, A. (2016). Pengaruh pemanfaatan pecahan terumbu karang sebagai pengganti agregat halus terhadap kuat tekan beton. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 17–24.
- Pertiwi, Z. A., Suryadi, A., & Sugiarto, A. (2021). Analisis Karakteristik Beton Normal Dengan Batu Karang Gunung Madura Sebagai Substitusi Kerikil. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, 2(3), 267–272.
- Proceq. (2014). *Operating Instructions Pundit Lab / Pundit Lab + Ultrasonic Instrument Made in Switzerland*.
- Sektor Pertambangan Kabupaten Kupang. (2019, May 9). Diskominfo Kab. Kupang.
- Sujiati Jepriani. (2014). *Tenik Ultrasonic Pulse Velocity Untuk Menentukan Kuat Tekan Beton Pada Berbagai Variasi Umur Beton: Suatu Perbandingan Terhadap Metode Uji Tekan Beton*.
- Yasin, M. I., & Haza, Z. F. (2022). Studi Eksperimen Non-Destructive Test dengan Metode Semi-Direct pada Beton. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 18(1), 44–53.