

# **PENGGUNAAN SEMEN JENIS OPC, PPC DAN PCC PADA BETON TERHADAP VARIASI UMUR BETON DENGAN METODE PENGUJIAN DESTRUCTIVE DAN NON-DESTRUCTIVE**

*Daru Salam*

*Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia*

*Email: 971002105@uii.ac.id*

## **ABSTRAK**

Beton merupakan suatu bahan struktur bangunan yang tersusun dari berbagai material yaitu semen, agregat dan air. Pasta semen memiliki peran utama sebagai bahan pengikat/lem agregat dengan menyelimuti permukaan sehingga menjadi satu kesatuan yang solid. Kekuatan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor dengan salah satunya adalah bahan penyusun beton sendiri. Semen dibuat secara pabrikasi sehingga memiliki standar proporsi kandungan kimia yang ditetapkan oleh pabrik pembuatnya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar kekuatan beton dengan menggunakan berbagai jenis/type semen ditinjau dari umur beton yang berbeda-beda. Metode pelaksanaan penelitian meliputi studi literatur, persiapan bahan/material, pemeriksaan karakteristik material, analisa data pengujian material, perhitungan proporsi campuran, pembuatan sampel silinder beton, perawatan sampel, pengujian sampel dan Analisa data hasil pengujian sampel. Kekuatan beton yang ditargetkan pada umur 28 hari sebesar 22,80 MPa.

Pengujian sampel beton silinder dengan metode destructive pada umur 3, 7, 14, 21 dan 28 hari diperoleh nilai kuat tekan secara berurutan untuk semen jenis PCC yaitu 10.56 MPa, 18.81 MPa, 20.67 MPa, 24.70 MPa dan 29.31 MPa sedangkan Semen jenis PPC yaitu 15.36 MPa, 21.75 MPa, 29.01 MPa, 31.30 MPa dan 35.30 MPa kemudian Semen jenis OPC yaitu 19.35 MPa, 28.90 MPa, 35.14 MPa, 36.17 MPa dan 39.49 MPa. Dari hasil Analisa pengujian tekan secara keseluruhan memenuhi target mutu beton sesuai rencana. Ditinjau dari urutan kualitas menunjukkan bahwa semen jenis PCC menempati urutan terendah berikutnya jenis semen PPC serta hasil kuat tekan paling tinggi adalah jenis semen OPC. Sedangkan pada pengujian metode non destructive dengan alat Ultrasonic Pulse Velocity nilai kecepatan rambat gelombangnya tidak terjadi perbedaan yang signifikan yaitu pada kisaran 4300 m/s, hal ini menunjukkan bahwa kerapatan beton dari ketiga jenis semen pada kondisi homogen pematatannya.

Kata kunci: Beton; Umur beton, Kuat Tekan; Destructive; Nondestructive

## **ABSTRACT**

*Concrete is a structural building material composed of various components, including cement, aggregate, and water. Cement paste plays a primary role as the binding agent for aggregating materials, enveloping their surfaces to create a solid unity. The strength of concrete is influenced by several factors, and one of them is the composition of the concrete components. Cement is manufactured to adhere to chemical content standards set by the producing factory. The objective of this research is to determine the compressive strength of concrete using different types of cement at various concrete ages. The research methodology includes a literature review, material preparation, material characteristic examination, analysis of material testing data, mix proportion calculation, concrete cylinder sample preparation, sample maintenance, sample testing, and analysis of testing results. The target compressive strength for concrete at 28 days is 22.80 MPa.*

*Compressive strength test results for concrete cylinder samples using the destructive method at 3, 7, 14, 21, and 28 days are as follows: for PCC cement, the values*

are 10.56 MPa, 18.81 MPa, 20.67 MPa, 24.70 MPa, and 29.31 MPa; for PPC cement, the values are 15.36 MPa, 21.75 MPa, 29.01 MPa, 31.30 MPa, and 35.30 MPa; and for OPC cement, the values are 19.35 MPa, 28.90 MPa, 35.14 MPa, 36.17 MPa, and 39.49 MPa. Overall, the compressive strength testing results meet the concrete quality target as planned. In terms of quality ranking, PCC cement has the lowest ranking, followed by PPC cement, while OPC cement exhibits the highest compressive strength. Additionally, non-destructive testing using the Ultrasonic Pulse Velocity method shows no significant differences in wave velocity, ranging around 4300 m/s. This indicates that the density of concrete from all three cement types is homogeneous during compaction.

*Keywords: Concrete; Concrete Age; Compressive Strength; Destructive; Nondestructive.*

## **PENDAHULUAN**

Kekuatan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain Faktor air semen, perencanaan mutu beton, kualitas bahan yang dipakai, proses pengerjaan dan lain sebagainya. Kekuatan beton secara teoritis prosentase kekuatan penuh seratus persen pada umur normal 28 hari, akan tetapi pada kondisi tertentu untuk keperluan lain terutama waktu yang terbatas pembukaan bekisting tidak harus menunggu sampai waktu tersebut diatas. Semakin bertambahnya umur beton semakin bertambah pula nilai kekuataanya walaupun tidak signifikan dibanding pada umur sebelum 28 hari. Sehingga hasil uji kuat tekan pada umur muda bisa dikonversikan terhadap umur beton 28 hari. Dalam merencanakan mutu beton seringkali menemukan kendala yaitu tidak tercapainya target kekuatan tekan pada sampel silinder beton pada hal proporsi campuran bahan susun beton sudah mengikuti prosedur perhitungan perencanaan Standar Nasional Indonesia. Berdasarkan kasus diatas penulis mempunyai ide medesain beton dengan menggunakan berbagai macam jenis semen dengan waktu pengujian sampel beton berumur 3, 7, 14, 21 dan 28 hari dengan parameter pengujian kuat tekan dengan alat *Compression Test* dan pengujian kerapatan beton dengan alat UPV (*Ultrasonic Pulse Velocity*).

Pengujian destruktif adalah pengujian dengan cara merusak sampel menggunakan mesin uji tekan (*Compression Test*) pelaksanaanya di Laboratorium sedangkan pengujian non destruktif adalah pengujian tanpa merusak sampel beton Pelaksanaannya dapat dilakukan di luar laboratorium serta dapat mengklasifikasi kualitas beton. Klasifikasi beton bisa didapatkan dari kecepatan rambat gelombang elektronik longitudinal yang melalui media beton (International Atomic Energy Agency, Vienna, 2002). Tes UPV dapat dilakukan dalam tiga cara yaitu, langsung, semi langsung, dan tidak langsung. (Rahmayanti, 2019).

## **TUJUAN PENELITIAN**

1. untuk mengetahui kekuatan awal dari jenis semen sebelum mencapai umur 28 hari.

2. Mengetahui korelasi antara kerapatan beton dengan kuat tekan beton dari berbagai jenis semen.
3. Membandingkan angka konversi umur beton hasil penelitian dengan tabel faktor umur pada PBI 1971

## **METODE PENELITIAN**

Metode yang digunakan dalam mencapai tujuan penelitian ini adalah uji eksperimen di Laboratorium, secara garis besar meliputi tinjauan pustaka, persiapan bahan dan alat, pemeriksaan data karakteristik material, perencanaan proporsi campuran, pembuatan sampel beton, perawatan sampel beton, pengujian tekan (*destructive test*) dan Ultrasonic Pulse Velocity (*non destructive test*) serta analisa data.

### **Tempat Penelitian**

Pelaksanaan penelitian di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

### **Persiapan Bahan dan Alat**

1. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :
  - Semen jenis PCC (*Portland Composite cement*), PPC (*Portland Pozzolan Cement*) dan OPC (*Ordinary Portland Cement*)
  - Agregat halus/pasir alami asal Progo
  - Agregat kasar/kerikil batu pecah asal Celereng
  - Air PDAM
2. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain ;
  - Mixer Kapasitas 50 liter merk *Controls*
  - Mesin uji Tekan Kaps. 3000 KN merk *ELE International*
  - UPVT (*ultrasonic Pulse Velocity Test*) merk *Proceq*
  - Oven kapasitas 48 liter merk Binder
  - Timbangan Kapasitas 30 Kg merk Ohaus
  - Sketmacth/jangkasorong Kapasitas 12” merk mitutoyo
  - Cetakan silinder beton ukuran diameter 15 cm, tinggi 30 cm
  - Gelas ukur Kapasitas 2 liter
  - Kerucut abram ukuran diameter atas 10 cm , diameter bawah 20 cm, tinggi 30 cm
  - Tongkat pemadat ukuran diameter 1,6 cm panjang 60 cm
  - Penggaris kapasitas 30 cm.

- Cetok/sekop
- Alat caping

### **Benda uji**

Benda uji dalam penelitian ini yaitu Silinder beton ukuran Ø15 x t30 cm berjumlah total 45 buah.

### **Pemeriksaan karakteristik material**

Pemeriksaan propertis material bertujuan untuk mengetahui karakteristik material sebagai salah satu data yang harus dicantumkan dalam perencanaan campuran beton. Jenis material akan menentukan besarnya kebutuhan dalam satu proporsi campuran per satuan meter kubik beton sehingga perlu dilakukan pemeriksaan terlebih dahulu semua material yang akan digunakan dalam beton. Pemeriksaan karakteristik material meliputi:

1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus
2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Hasar
3. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus
4. Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar
5. Pengujian Berat Volume Padat dan Gembur Agregat Halus
6. Pengujian Berat Volume Padat dan Gembur Agregat Kasar
7. Pengujian Lolos Saringan No.200 Agregat Halus
8. Pengujian Keausan Agregat Kasar

Hasil pengujian karakteristik agregat halus dan kasar sebagaimana terangkum pada tabel 1 dan tabel 2 berikut:

Tabel 1. Hasil pengujian karakteristik agregat halus

<b>Uraian</b>	<b>Hasil pengujian</b>
Jenis material	Pasir alami eks. Progo
Ukuran maksimum agregat	5 mm
Analisa saringan/MHB	Zona 2
Kandungan lumpur	0,9 %
Berat Jenis (SSD)	2,62
Penyerapan air	4,49 %
Berat volume padat	1,75 kg/dm <sup>3</sup>
Berat volume lepas	1,38 kg/dm <sup>3</sup>

Tabel 2. Hasil pengujian karakteristik agregat kasar (split)

Uraian	Hasil pengujian
Jenis material	Split/batu pecah eks. Progo
Ukuran Maksimum agregat	20 mm
Analisa saringan/MHB	6,68
Abrasi/keausan	19,18%
Berat Jenis (SSD)	2,69
Penyerapan air	1,68 %
Berat volume padat	1,52 kg/dm <sup>3</sup>
Berat volume lepas	1,38 kg/dm <sup>3</sup>

### Perencanaan Proporsi Campuran Beton (*Mixdesign*)

Perencanaan proporsi campuran yang akan dilakukan mengacu pada SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Mutu beton yang direncanakan adalah 22,80 MPa dan hasil perhitungan proporsi campuran sebagaimana terangkum pada tabel berikut:

Tabel 4. Rangkuman hasil Perencanaan proporsi campuran beton normal tiap m<sup>3</sup> beton

Material	Kebutuhan	Satuan
Semen	394,231	Kg
Agregat halus (Pasir)	743,471	Kg
Agregat kasar (Split)	1037,298	Kg
Air	205,000	Kg

### Pembuatan benda uji

Untuk mengetahui kualitas beton diperlukan benda uji standar berbentuk silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pada pembuatan benda uji Langkah awal yang dilakukan adalah menakar material sesuai dengan hasil *mix desain* awal selanjutnya dengan mencampur semua bahan susun beton berupa semen, agregat halus (pasir), Agregat kasar (split) serta air. Setelah semua tercampur secara homogen langkah selanjutnya adonan dituang dalam wadah/talam dilanjutkan pengujian slum. Pengujian slum bertujuan untuk mengukur kelecakan beton segar agar dapat dikerjakan dengan mudah, jika sudah terpenuhi sesuai slum rencana maka campuran beton dimasukkan dalam cetakan silinder sambil dipadatkan agar mengurangi rongga dalam beton. Pengukuran nilai slum seperti ditunjukkan pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Pembuatan benda uji (pengujian slump)

### **Perawatan sampel beton (*Curing*)**

Perawatan sampel pada beton sangat penting terutama pada beton berusia muda . Beton yang berumur muda masih sangat sensitif terhadap suhu sekitar dibandingkan beton yang berumur tua. Tujuan dari perawatan beton (*curing*) adalah agar suhu pada sampel beton dapat terkendalikan akibat reaksi kimia dari semen yang menimbulkan panas. Perawatan beton dengan cara direndam dalam bak air seperti pada gambar 2. dibawah ini :



Gambar 2. Perawatan sampel beton (direndam)

## Pengujian sampel

Pengujian sampel beton dengan dua metode yaitu pengujian yang bersifat merusak sampel (*destructive test*) dengan mesin uji tekan (*compression test*) dan pengujian yang bersifat tidak merusak (*non destructive test*) dengan alat UPV (*Ultrasonic Pulse Velocity*). Benda uji sebelum diuji tekan diidentifikasi terlebih dahulu dimensi, berat selanjutnya di caping pada permukaan beton yang mau diuji dengan belerang yang berfungsi untuk meratakan bidang uji tekan. agar luasan bidang uji dapat menumpu keseluruhan. dengan Pengujian sampel beton dilakukan secara bertahap sesuai dengan umur beton yaitu 3, 7, 14,21 dan 28 hari. Pengujian tekan metode destructive ditunjukkan pada gambar 3. Sedangkan pengujian metode *non destructive* ditunjukkan pada gambar 4. dibawah ini :



Gambar 3. Pengujian dengan metode destructive



Gambar 4. Pengujian dengan metode *non destructive*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian tekan silinder beton adalah suatu pengujian yang bersifat merusak benda uji (*destructive*) dimana pengujian dilakukan pada beton berumur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Perhitungan Kuat tekan mengacu pada peraturan SNI 1974-2011 tentang cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder sebagaimana pada persamaan berikut :

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

Dengan :

$f'c$  = Kuat tekan beton (MPa)

$P_{\max}$  = Beban maksimum (N)

A = Luas permukaan penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

Hasil pengujian tekan dari jenis semen serta berbagai umur beton ditunjukkan pada tabel 5.a, 5.b, 5.c, 5.d, 5.e dibawah ini :

Tabel 5.a. Hasil uji kuat tekan silinder beton umur 3 hari

Ukuran Benda uji		Luas	Berat		Beban	Kuat	Rata-	
Diameter	Tinggi	Penampang	Benda uji	Volume	maksimun	desak	rata	Jenis
(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(Kg)	(Kg/m <sup>3</sup> )	(KN)	(MPa)	(MPa)	Semen
150,20	302,20	17709,63	1,74	2380,67	362,00	20,44		
150,90	303,90	1785,09	12,81	2358,33	337,80	18,90	19,35	OPC
151,20	305,40	17946,23	13,05	2380,68	335,90	18,72		
150,20	302,30	17709,63	12,57	2347,57	188,60	10,65		
151,70	300,70	18065,12	12,68	2334,24	193,20	10,69	10,56	PCC
150,50	302,60	17780,45	12,73	2366,01	183,80	10,34		
151,60	303,40	18041,31	12,82	2341,73	254,40	14,11		
150,60	302,50	17804,08	12,78	2372,94	284,80	16,00	15,36	PPC
152,30	303,70	18208,30	12,95	2342,55	290,80	15,97		

Tabel 5.b. Hasil uji kuat tekan silinder beton umur 7 hari

Ukuran Benda uji		Luas	Berat	Berat	Beban	Kuat	Rata-
Diameter	Tinggi	Penampang	Berat	Volume	maksimun	desak	rata

(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	Benda uji		(KN)	aktual	kuat	Jenis Semen
			(Kg)	(Kg/m <sup>3</sup> )		(MPa)	desak (MPa)	
149,00	303,60	17427,79	12,71	2402,35	398,00	22,84		
149,40	302,30	17521,48	12,96	2447,16	392,80	22,42	21,75	PPC
150,20	305,30	17709,63	13,04	2412,35	354,00	19,99		
150,60	301,60	17804,08	12,66	2358,60	335,60	18,85		
149,90	304,40	17638,96	12,83	2389,88	336,40	19,07	18,81	PCC
149,70	301,70	17591,92	12,76	2404,91	325,50	18,50		
148,00	304,00	17194,64	12,93	2473,23	420,80	24,47		
149,70	302,00	17591,92	12,87	2421,53	510,80	29,04	28,90	OPC
149,60	304,00	17568,43	13,00	2433,34	582,90	33,18		

Tabel 5.c. Hasil uji kuat tekan silinder beton umur 14 hari

Ukuran Benda uji		Luas	Berat Benda uji		Beban maksimum	Kuat desak aktual	Rata-rata kuat desak	Jenis Semen
Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Penampang (mm <sup>2</sup> )	(Kg)	Volume (Kg/m <sup>3</sup> )	(KN)	(MPa)	(MPa)	
150,00	304,50	17662,50	12,90	2398,93	555,60	31,46		
151,60	302,90	18041,31	13,03	2383,47	477,80	26,48	29,01	PPC
150,10	304,30	17686,06	12,96	2407,16	514,70	29,10		
152,20	303,30	17709,63	12,93	2406,29	350,40	19,79		
152,00	302,80	18136,64	12,93	2354,79	389,50	21,48	20,67	PCC
152,00	304,40	18136,64	12,92	2340,06	376,30	20,75		
150,00	304,30	17662,50	13,06	2429,72	661,60	37,46		
149,40	302,30	17521,48	12,83	2421,30	600,10	34,25	35,14	OPC
150,60	303,70	1784,08	13,02	2407,02	600,10	33,71		

Tabel 5.d. Hasil uji kuat tekan silinder beton umur 21 hari

Ukuran Benda uji		Luas	Berat	Beban	Kuat	Rata-rata
Diameter	Tinggi	Penampang	Berat	Volume	maksimum	desak

(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	Benda uji		(KN)	aktual	kuat	Jenis Semen
			(Kg)	(Kg/m <sup>3</sup> )		(MPa)	desak (MPa)	
149,80	305,10	17615,43	13,07	2430,94	566,30	32,15		
150,50	301,40	17780,45	13,00	2426,56	587,20	33,03	31,30	PPC
149,40	302,20	17521,48	12,85	2427,01	503,53	28,74		
149,90	303,30	17638,96	12,88	2407,15	475,54	26,95		
150,60	301,20	17804,08	12,69	2365,83	398,70	22,39	24,70	PCC
141,40	301,10	17933,74	12,78	2358,29	445,5	24,76		
148,60	305,00	17334,34	13,00	2459,44	632,50	36,49		
149,80	303,20	17615,43	12,75	2387,57	642,10	36,45	36,17	OPC
150,50	302,60	17780,45	13,00	2415,82	632,50	35,57		

Tabel 5.e. Hasil uji kuat tekan silinder beton umur 28 hari

Ukuran Benda uji		Luas	Berat Benda uji		Beban maksimum (KN)	Kuat desak aktual (MPa)	Rata-rata kuat desak (MPa)	Jenis Semen
Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Penampang (mm <sup>2</sup> )	(Kg)	Volume (Kg/m <sup>3</sup> )				
150,05	302,60	17780,45	12,93	2403,18	661,10	37,18		
150,00	304,50	17662,50	13,02	2419,94	631,30	35,74	35,30	PPC
149,60	303,00	17568,43	12,85	2414,32	579,50	32,99		
150,00	304,80	17662,50	12,95	2404,56	521,2	29,51		
149,70	300,90	17591,92	12,59	2378,05	531,4	30,21	29,31	PCC
150,90	305,60	17875,09	13,07	239353	504,30	28,21		
150,00	301,70	17662,50	12,288	2416,13	720,10	40,77		
150,60	304,60	17804,08	12,90	2379,07	740,30	41,58	39,49	OPC
151,10	303,50	17922,50	12,94	2379,09	647,60	36,15		

Hasil uji kuat tekan rerata dari berbagai umur beton bisa dilihat pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Hasil uji rerata kuat tekan silinder beton dari berbagai umur beton

Umur (hari)
-------------

3	7	14	21	28	Satuan	Jenis Semen
15,36	21,74	29,01	31,30	35,30	MPa	PPC
10,56	18,81	20,67	24,70	29,31	MPa	PCC
19,35	28,90	35,14	36,17	39,49	MPa	OPC

Data diatas menunjukkan bahwa terjadi kenaikan berbanding lurus antara kekuatan dan umur beton, sehingga penelitian ini bisa menguatkan terhadap peneliti sebelumnya oleh (Hidayat, dkk. 2019) yaitu kekuatan semakin meningkat terus seiring dengan penambahan umur beton. Dari ketiga jenis semen semuanya memenuhi target rencana mutu beton  $f'c$  22,80 MPa, jika dirangking berdasarkan kekuatan tekannya dari urutan terendah hingga tertinggi didapatkan jenis semen PCC (*Portland Composite Cement*), PPC (*Portland Composite Cement*) dan OPC (*Ordinary Portland Cement*).

Prosentase laju kenaikan dari berbagai umur beton pada jenis semen PPC, PCC bila dibandingkan dengan PBI 1971 hasilnya mendekati dan tidak terlalu signifikan bedanya sehingga bisa lebih meyakinkan pada pembaca serta bisa dijadikan pedoman yang baku. Sedangkan pada jenis semen OPC hasil pengujian kuat tekan beton paling tinggi di antara keduanya sehingga angka prosentase umur lebih tinggi dari tabel konversi umur beton yang ada di PBI 1971. Prosentase perbandingan hasil penelitian ditunjukkan pada tabel 7 dibawah ini.

Tabel 7. Perbandingan prosentase kuat tekan dari berbagai umur beton

Umur (hari)					
3	7	14	21	28	
0,40	0,65	0,88	0,9	1	PBI 1971
0,44	0,62	0,82	0,89	1	PPC
0,36	0,64	0,71	0,84	1	PCC
0,49	0,73	0,89	0,92	1	OPC

Pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) adalah pengujian beton yang bersifat tidak merusak benda uji (*non destructive*), cara kerja alat ini adalah gelombang transversal akan merambat secara tegak lurus pada lintasan dan juga gelombang longitudinal akan merambat sejajar. Sehingga waktu tempuh dari transduser pengirim ke transduser penerima dapat diukur. Pada penelitian ini pengujian UPV dengan metode langsung (*direct*) sebagaimana pada persamaan berikut :

$$V = L / T \dots\dots\dots (2)$$

dimana :

V = Kecepatan gelombang longitudinal (m/detik)

L = Panjang lintasan beton yang dilewati (m)

T = Waktu tempuh gelombang ultrasonik sepanjang lintasan L (detik)

Hasil pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) dari jenis semen dan berbagai umur beton terangkum pada tabel 6. dibawah ini:

Tabel 6. Hasil rerata pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV)

Jenis Semen	Velocity (m/s) - Umur beton (hari)					Kualitas beton
	3	7	14	21	28	
PPC	4112,89	4471,56	4407,22	4519,11	4059,56	<i>Good</i>
PCC	3818,00	4277,11	4300,44	4369,33	4347,56	<i>Good</i>
OPC	4199,00	4505,56	4534,22	4484,89	4533,56	<i>Excellent</i>

Analisa hasil uji UPV menunjukkan bahwa pada semen jenis PPC dan PCC semakin bertambahnya umur beton bertambah pula kecepatan rambat gelombangnya (*Velocity*) meskipun pada umur 28 hari sedikit ada penurunan, hal ini dimungkinkan human error atau sampel yang diuji berbeda dengan sebelumnya. Sedangkan pada semen jenis OPC nilai velocitynya sampai dengan umur 28 hari meningkat meskipun pada umur 21 hari ada penurunan, hal ini dimungkinkan kasusnya sama dengan jenis semen PPC dan PCC. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya oleh (Kushariyanto, dkk. 2019) semakin meningkatnya mutu kuat tekan beton meningkat pula nilai kepadatan sehingga penelitian ini bisa sinkron dan bermanfaat bagi umum.

## KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa jenis Semen OPC (*Ordinary Portland Cement*) mempunyai kekuatan tekan beton lebih tinggi dari berbagai umur beton dibandingkan semen jenis PPC dan OPC. Kerapatan beton berbanding lurus dengan kekuatan beton, semakin tinggi kerapatan beton semakin tinggi pula kekuatan tekannya. Angka konversi prosentase umur terhadap kuat tekan beton pada semen jenis PPC dan PCC relatif sama dengan tabel konversi umur yang tertera pada PBI 1971, sedangkan pada semen jenis OPC dari berbagai umur beton menunjukkan prosentase lebih tinggi.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini bisa berjalan dengan semestinya tidak terlepas dari beberapa pihak yang telah membantu baik dari segi biaya, fasilitas, motivasi serta hal-hal lain yang tidak terdokumentasi. Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya khususnya DPPM UII yang telah mendanai kegiatan penelitian ini, Bapak Malik Mushthofa, S. T., M.Eng selaku Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik yang telah membimbing dan memfasilitasi sarana dan prasarana pelaksanaan penelitian dari awal hingga akhir. Tidak lupa pula sahabat PLP serta keluarga yang selalu sabar dan memotivasi serta orang tua yang selalu mendo'akan kabaikan serta semua pihak yang tidak mungkin disebutkan namanya satu persatu yang telah membantu dari segi apapun sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Astanto, B., T., (2001). Konstruksi Beton Bertulang, Kanisius Yogyakarta
- Badan Standarisasi Nasional. (2000). SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Jakarta: BSN.
- Peaturan Beton Bertulang Indonesia. (1971). Direktorat Jenderal Ciptakarya. Bandung.
- Murdock, L. J., & Brook, K. M. (1986). Bahan dan Praktek Beton. Jakarta: Erlangga.
- Simatupang, R. M., Nuralinah, D., & Remayanti, C. (2016). Korelasi Nilai Kuat Tekan Beton Antara Hammer Test, Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) Dan Compression Test. *Rekayasa Sipil*, 10(1), 26-32.
- Hidayat, A. I. N., Waluyohadi, I., & Budio, S. P. (2019). PENGARUH VARIASI UMUR BETON TERHADAP CEPAT RAMBAT GELOMBANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE NON DESTRUCTIVE TEST. *Rekayasa Sipil*, 13(3), 216-224.
- Kushariyanto, K., Nainggolan, C. R., & Nurlina, S. (2019). PENGARUH VARIASI MUTU BETON PADA BENDA UJI BALOK BETON NORMAL DENGAN MENGGUNAKAN METODE NON DESTRUCTIVE TEST. *Rekayasa Sipil*, 13(3), 225-233.
- 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.
- Rahmayanti, N. (2019). Pengaruh Penggunaan Limbah Abu Sekam Padi Dan Viscocrete 1003 Terhadap Kualitas Beton Normal Dengan Upv Test. *Teras Jurnal*, 8(2), 434-443.

- Rizkiasari, A. E., & Rouf, A. (2020). Analisis Hubungan Kecepatan Gelombang Dengan Kuat Tekan Beton Menggunakan Metode UPV. *Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems (IJEIS)*, 10(1), 11-20.
- Daru Salam, Suwarno. (2022) Pemanfaatan limbah beton sebagai bahan alternatif agregat pada campuran beton normal. Prosiding Seminar Nasional V Hasil Penelitian Vol. V - ISSN: 2548-1924