

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Pengujian

Material bahan yang akan digunakan untuk membuat benda uji beton dilakukan pengujian bahan terlebih dahulu. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui mutu dan spesifikasi dari bahan penyusun beton tersebut agar sesuai dengan standart yang digunakan. Berikut ini beberapa pengujian yang dilakukan.

1. Pengujian Bahan

a. Pengujian Air

Pengujian air pada penelitian ini dapat dilakukan dengan melihat kondisi fisik dari air yang bersih dan tidak terkandung lumpur didalamnya. Air yang digunakan merupakan air sumur. Dalam pengamatan kondisi air didapatkan kualitasnya sesuai dengan SNI 03-2847-2002 sebagai berikut.

- 1) Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahn organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
- 2) Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam almunium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.

3) Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama dan hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum.

b. Pengujian Semen

Pengujian semen dilakukan dengan cara pengamatan pada kondisi semen yang terdapat pada zak semen. Selain itu untuk juga dilakukan uji berat jenis semen dan kehalusan semen. Berikut ini hasil pengujian berat jenis semen dan kehalusan semen:

1) Pengujian Berat Jenis Semen

Pengujian berat jenis semen dilakukan guna untuk mengetahui perbandingan berat semen dengan volume semen. Berikut ini data pengujian berat jenis semen.

Tabel 21. Data pengujian berat jenis semen

No	Berat awal (gr)	Volume (ml)	Berat sisa (gr)
1	100	10	70
2	100	10	71
3	100	10	67
4	100	10	70
5	100	10	69

2) Pengujian Kehalusan Semen

Pengujian kehalusan semen dilakukan guna untuk mengetahui tingkat kehalusan semen untuk mengetahui kecepatan proses hidrasi semen. Berikut ini data pengujian kehalusan semen.

Tabel 22. Data pengujian kehalusan semen

No	Berat awal (gr)	Berat tertahan saringan (gr)
1	100	0,23
2	100	0,17
3	100	0,19

3) Pengujian Massa Jenis Semen

Pengujian massa jenis semen dilakukan untuk mengetahui nilai massa jenis dari semen. Berikut ini data pengujian massa jenis semen.

Tabel 23. Data pengujian massa semen

No	Densitas semen (gr/ml)	Densitas air (gr/ml)
1	3,0	1
2	2,9	1
3	3,3	1
4	3,0	1
5	3,1	1

c. Pengujian Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini menggunakan pasir dari Sungai Progo. Yogyakarta. Berikut ini merupakan pengujian pada agregat halus:

1) Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air pada agregat halus dilakukan tujuannya untuk mengetahui seberapa besar kandungan air yang terdapat

pada agregat halus pada saat keadaan SSD. Berikut ini data pengujian kadar air agregat halus.

Tabel 24. Data pengujian kadar air pasir

No	Berat SSD (gr)	Berat kering oven (gr)
1	200	197
2	200	196,5
3	200	197,5
4	200	197,5
5	200	198

2) Pengujian Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur pada agregat halus dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui jumlah lumpur yang terkandung dalam agregat halus. Berikut ini data pengujian kadar lumpur agregat halus.

Tabel 25. Data pengujian kadar lumpur agregat halus

No	Vol. pasir (ml)	Vol. lumpur (gr)
1	90	2
2	76	4
3	92	2

3) Pengujian Bobot Isi

Pengujian bobot isi atau berat satuan agregat halus dilakukan dengan tujuan untuk menghitung berat agregat yang dikonversi kedalam satuan bejana. Berikut ini data pengujian bobot isi agregat halus.

Tabel 26. Data pengujian bobot isi gembur agregat halus

No	Berat pasir (gr)	Volume air (cm ³)
1	23820	15362,3

Tabel 27. Data pengujian bobot isi padat agregat halus

No	Berat pasir (gr)	Volume air (cm ³)
1	25820	15362,3

4) Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis agregat halus pada penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui perbandingan massa dengan volume dari agregat halus. Berikut ini data pengujian berat jenis agregat halus.

Tabel 28. Data pengujian berat jenis agregat halus

No	Berat pasir (gr)	Volume pasir (ml)
1	153,1	56
2	150,2	54
3	150	55
4	150,9	56
5	151,8	56

5) Pengujian Modulus Kehalusan Butir

Pengujian modulus kehalusan butir agregat halus dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui gradasi dari agregat halus dan memperoleh distribusi besaran agregat halus. Berikut ini data pengujian modulus kehalusan butir agregat halus.

Tabel 29. Data pengujian MKB agregat halus

No	Ukuran saringan (mm)	Berat tertahan (gr)
1	9,50	0
2	4,75	0
3	2,36	68,89
4	1,18	68,63
5	0,60	101,51
6	0,30	182,97
7	0,15	67,2
8	< 0,15	9,8

6) Pengujian Massa Jenis

Pengujian massa jenis agregat halus dilakukan guna untuk mengetahui massa jenis dari agregat halus. Berikut ini data pengujian massa jenis agregat halus.

Tabel 30. Data pengujian massa jenis agregat halus

No	Massa pasir oven (gr)	Massa air (gr)	Massa air + pasir (gr)	Massa pasir SSD (gr)
1	485	852	1176	500
2	487	858	1171	500
3	494	855	1176	500
4	483	855	1170	500
5	484	856	1172	500

d. Pengujian Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini berupa kerikil dengan ukuran 1-2 cm dari Sungai Progo, Yogyakarta. Berikut ini pengujian agregat kasar.

1) Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis agregat kasar pada penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui perbandingan massa dengan volume dari agregat kasar. Berikut ini data pengujian berat jenis agregat kasar.

Tabel 31. Data pengujian berat jenis agregat kasar

No	Berat kerikil (gr)	Volume kerikil (ml)
1	157,7	61,5
2	150	59
3	151,6	61
4	150,5	61,5
5	151,1	60,5

2) Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air pada agregat kasar dilakukan tujuannya untuk mengetahui seberapa besar kandungan air yang terkandung pada agregat kasar pada saat keadaan SSD. Berikut ini data pengujian kadar air agregat kasar.

Tabel 32. Data pengujian kadar air agregat kasar

No	Berat SSD (gr)	Berat kering oven (gr)
1	500	482
2	500	482
3	500	483
4	500	485
5	500	487

3) Pengujian Bobot Isi

Pengujian bobot isi atau berat satuan agregat halus dilakukan dengan tujuan untuk menghitung berat agregat yang dikonversi kedalam satuan volume bejana. Berikut ini data pengujian bobot isi agregat halus.

Tabel 33. Data pengujian bobot isi gembur

No	Berat kerikil (gr)	Volume air (cm³)
1	20080	15020,1

Tabel 34. Data pengujian bobot isi padat

No	Berat kerikil (gr)	Volume air (cm³)
1	21800	15020,1

4) Pengujian Keausan Agregat Kasar

Pengujian keausan agregat kasar dilakukan bertujuan untuk mengetahui kekuatan dari agregat kasar yang mana membandingkan antara berat bahan terlewat saringan atau tertahan saringan 1,7 mm dengan berat semula. Berikut ini data pengujian nilai keausan agregat kasar.

Tabel 35. Data pengujian keausan agregat kasar

No	Berat awal kerikil (gr)	Berat tertahan (gr)
1	5000	2731

5) Pengujian Massa Jenis

Pengujian massa jenis agregat kasar dilakukan guna untuk mengetahui massa jenis dari agregat kasar. Berikut ini data pengujian massa jenis agregat kasar.

Tabel 36. Data pengujian massa jenis agregat kasar

No	Massa kerikil oven (gr)	Massa kerikil SSD (gr)	Massa kerikil semu (gr)
1	1891	2000	1158
2	1895	2000	1214
3	1889	2000	1184

2. Pengujian Benda Uji

a. Pengujian *Hammer Test*

Pengujian *hammer test* dilakukan untuk mengetahui nilai pantul dari benda uji beton silinder dimensi 6 inci umur 28 hari. Berikut ini data pengujian angka pantul.

Tabel 37. Data pengujian *hammer test*

Kode	Nilai angka pantul									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	20	22	23	22	24	23	21	22	24	24
2	23	20	23	23	23	20	27	24	28	26
3	21	22	21	21	21	22	21	22	22	22
4	20	20	23	22	24	22	20	22	21	29
5	21	26	24	23	25	25	22	23	22	24
6	22	22	20	21	22	22	24	22	22	22
7	26	25	24	22	21	22	24	22	23	24
8	24	21	20	20	20	22	22	22	22	22
9	24	23	28	26	26	26	26	24	25	26
10	24	22	24	24	28	25	22	22	24	23
11	24	22	20	22	24	24	20	21	24	21
12	23	23	20	23	20	20	23	22	22	22
13	24	22	24	23	24	24	22	24	23	21
14	23	28	24	28	25	22	25	23	24	22
15	23	23	23	24	23	24	25	25	25	26

Tabel 37. (lanjutan)

Kode	Nilai angka pantul									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	25	25	23	23	23	24	24	23	24	27
17	26	24	25	26	24	25	26	24	25	24
18	28	24	23	23	24	20	23	25	29	23
19	23	24	24	22	24	24	22	21	23	22
20	28	28	22	25	23	26	24	26	22	27
21	24	24	19	20	22	22	25	22	24	21
22	23	28	22	24	26	24	21	21	25	21
23	27	24	25	24	24	23	22	25	23	21
24	23	23	22	25	26	22	22	21	26	21
25	26	24	21	22	23	23	20	28	24	24
26	24	24	26	25	25	30	24	24	30	27
27	22	22	21	22	20	22	22	22	21	21
28	22	23	21	22	25	22	24	22	22	23
29	23	21	22	21	22	23	24	24	22	23
30	21	23	23	20	23	20	25	25	21	25

b. Pengujian UPV

Pengujian UPV dilakukan guna untuk mengetahui kerapatan atau kepadatan dari benda uji beton silinder diameter 6 inci umur 28 hari. Berikut ini data pengujian UPV.

Tabel 38. Data pengujian UPV

Kode	Titik 1		Titik 2		Titik 3		Titik 4		Titik 5	
	µs	m/s	Ms	m/s	µs	m/s	µs	m/s	µs	m/s
1	80,8	3775	81,3	3752	81,7	3733	79,5	3836	80,7	3779
2	79,5	3836	78,8	3871	79,2	3851	80,3	3798	80	3813
3	79,2	3851	81,2	3756	80	3813	79,8	3822	80,3	3798
4	78	3910	79,3	3846	80	3813	79,8	3822	80	3813
5	82	3720	81,5	3742	82	3720	83,8	3640	83	3675
6	77,3	3946	79,2	3851	76,8	3971	79,5	3836	78,3	3895
7	77,8	3920	75,7	4029	76	4013	79,8	3822	76,8	3971
8	80,3	3798	80,2	3803	83,2	3666	84,7	3601	83,7	3644
9	79	3861	84,3	3618	80,5	3789	81,7	3733	80	3813
10	80,7	3779	80	3813	80,3	3798	53,7	5680	79,2	3851
11	80,7	3779	79,8	3922	80	3813	82	3720	78,5	3885
12	78,3	3895	78,2	3900	78,3	3895	78,7	3875	78,3	3895
13	79	3861	81	3765	80,8	3775	81	3765	81,2	3756

Tabel 38. (lanjutan)

Kode	Titik 1		Titik 2		Titik 3		Titik 4		Titik 5	
	μs	m/s	Ms	m/s	μs	m/s	μs	m/s	μs	m/s
14	75,8	4024	78,5	3885	76,8	3971	78,7	3875	78	3910
15	79,5	3836	77,3	3946	77,5	3935	78,2	3900	78	3910
16	77,2	3951	78	3910	78,7	3875	76,5	3987	77,3	3946
17	77,5	3935	76,7	3977	78,8	3871	80,8	3775	78,5	3885
18	75,8	4024	76,5	3987	78,8	3871	76,7	3977	78,5	3885
19	80	3813	80	3813	79,5	3836	80,5	3789	80,3	3798
20	78	3910	79,7	3827	79,2	3851	78,8	3871	78,2	3900
21	81,3	3752	80,3	3798	81,7	37,33	80,7	3779	81,2	3756
22	76,5	4013	77	3961	75,5	4050	77,2	3951	78	3910
23	82	3720	77,3	3946	52,7	5787	80,8	3775	78,7	3875
24	76,7	3977	77,7	3925	78,7	3875	77	3961	53	5755
25	79,7	3827	78,5	3885	79	3861	79	3861	79,7	3827
26	80,2	3803	78	3910	76,7	3977	76,7	3977	76,8	3971
27	78,3	3895	81,8	3729	79	3861	78,8	3871	79,2	3851
28	78,5	3885	79,3	3846	80,3	3798	81,7	3733	79,7	3817
29	78,7	3875	79	3861	77,5	3935	77,5	3935	78	3910
30	79,5	3836	77,2	3951	77	3961	79,2	3851	76,5	3987

c. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui nilai kuat tekan dari benda uji silinder 3 inci dan 6 inci. Berikut ini data pengujian kuat tekan.

Tabel 39. Data pengujian kuat tekan silinder 3 inci

Kode	Berat	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Nilai
	gram	mm	mm	mm ²	ton
1	2499	8,20	20,19	52,8156	11
2	2498	8,23	20,23	53,1380	10,5
3	2485	8,22	20,05	53,0412	8,5
4	2490	8,11	20,02	51,6311	10
5	2495	8,22	20,20	52,9767	11
6	2500	8,25	20,27	53,3967	10
7	2495	8,24	20,10	53,2673	11
8	2470	8,23	20,12	53,2026	10,5
9	2515	8,20	20,23	52,8156	9
10	2490	8,24	20,14	53,2673	9
11	2500	8,23	20,09	53,1057	7,5
12	2485	8,23	19,88	53,1057	10

Tabel 39. (lanjutan)

Kode	Berat gram	Diameter mm	Tinggi mm	Luas Penampang mm²	Nilai ton
13	2500	8,21	20,26	52,9122	9
14	2520	8,25	20,07	53,3967	9
15	2510	8,22	20,06	53,0089	8
16	2500	8,25	20,18	53,3643	11,5
17	2490	8,16	20,15	52,3017	10
18	2470	8,23	19,96	53,1380	10
19	2490	8,23	20,07	53,1703	10
20	2520	8,21	20,35	52,9444	10
21	2500	8,22	20,32	53,0735	10
22	2530	8,20	20,06	52,8156	10
23	2505	8,21	20,20	52,9444	10
24	2500	8,22	20,18	52,9767	10
25	2500	8,20	20,09	52,7190	11,5
26	2500	8,22	20,00	53,0089	10
27	2510	8,26	20,11	53,5263	10
28	2520	8,22	20,11	53,0412	10,5
29	2499	8,22	19,93	53,0089	10
30	2500	8,20	20,00	52,7834	10

Tabel 40. Data pengujian kuat tekan silinder 6 inci

Kode	Berat gram	Diameter mm	Tinggi mm	Luas Penampang mm²	Nilai ton
1	2499	15,12	29,92	179,4623	30
2	2498	15,18	29,87	180,9490	29
3	2485	15,16	30,19	180,2941	29
4	2490	15,19	29,83	181,0086	32
5	2495	15,11	30,39	179,1064	29
6	2500	15,17	30,00	180,5321	32
7	2495	15,14	30,01	179,8780	33
8	2470	15,15	30,22	180,1752	31
9	2515	15,10	30,11	179,0471	29
10	2490	15,10	30,50	178,8693	34
11	2500	15,03	29,97	177,3912	31
12	2485	15,11	30,04	179,2250	29
13	2500	15,09	30,16	178,7509	26
14	2520	15,19	30,03	181,1278	22
15	2510	15,11	30,05	179,1064	35
16	2500	15,10	30,15	178,9286	35
17	2490	15,13	30,04	179,5810	28
18	2470	15,08	29,73	178,5140	30
19	2490	15,13	30,09	179,5810	28
20	2520	15,10	30,04	178,8693	38
21	2500	15,15	30,47	180,1752	28

Tabel 40. (lanjutan)

Kode	Berat gram	Diameter mm	Tinggi mm	Luas Penampang mm ²	Nilai ton
22	2530	15,13	29,91	179,6998	27
23	2505	15,14	30,29	179,8780	35
24	2500	15,17	30,23	180,5916	36
25	2500	15,18	30,20	180,9490	32
26	2500	15,26	29,68	182,8011	30
27	2510	15,13	30,37	179,6998	28
28	2520	15,15	30,32	180,1157	32
29	2499	15,08	30,15	178,5732	30
30	2500	15,13	29,82	179,6998	29

B. Pembahasan

Setelah didapatkan hasil pengujian *hammer test*, UPV dan *compression test* maka hasil itu dapat dilanjutkan dengan membahas dan menganalisis hasil pengujiannya. Berikut ini pembahasan tentang hasil pengujian.

1. Pengujian Bahan

Setelah semua bahan dilakukan pengujian, data dari pengujian dapat dilakukan analisis dan pembahasan. Berikut ini hasil analisis dan pembahasan pengujian bahan.

a. Pengujian Semen

1) Pengujian Berat Jenis Semen

Pengujian berat jenis semen dilakukan menggunakan 5 sampel.

Dari 5 sampel pengujian didapatkan nilai berat jenis semen sebesar 3,06 gr/ml.

Tabel 41. Hasil pengujian berat jenis semen

No	Berat awal (gr)	Volume (ml)	Berat sisa (gr)	Berat Jenis (gr/ml)
1	100	10	70	3
2	100	10	71	2,9
3	100	10	67	3,3
4	100	10	70	3
5	100	10	69	3,1
Rerata				3,06

2) Pengujian Kehalusan Semen

Pengujian kehalusan semen dilakukan dengan menggunakan 3 sampel. Dari 3 sampel pengujian didapatkan nilai kehalusan semen sebesar 0,197 %.

Tabel 42. Hasil pengujian kehalusan jenis semen

No	Berat awal (gr)	Berat tertahan saringan (gr)	Kehalusan semen (%)
1	100	0,23	0,23
2	100	0,17	0,17
3	100	0,19	0,19
Rerata			0,197

3) Pengujian Massa Jenis Semen

Pengujian massa jenis semen dilakukan dengan menggunakan 5 sampel. Dari 5 sampel didapatkan nilai massa jenis semen sebesar 3,06.

Tabel 43. Hasil pengujian massa jenis semen

No	Densitas semen (gr/ml)	Densitas air (gr/ml)	Massa Jenis
1	3,0	1	3
2	2,9	1	2,9
3	3,3	1	3,3
4	3	1	3
5	3,1	1	3,1
Rerata			3,06

b. Pengujian Agregat Halus

1) Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air agregat halus dilakukan dengan menggunakan 5 sampel. Dari 5 sampel didapatkan nilai kadar air agregat halus dalam kondisi SSD sebesar 1.35 %.

Tabel 44. Hasil pengujian kadar air agregat halus

No	Berat SSD (gr)	Berat kering oven (gr)	Kadar air (%)
1	200	197	1,5
2	200	196,5	1,75
3	200	197,5	1,25
4	200	197,5	1,25
5	200	198	1
Rearata			1,35

2) Pengujian Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur agregat halus dilakukan dengan menggunakan 5 sampel. Dari 5 sampel pengujian didapatkan nilai kadar lumpur agregat halus sebesar 3,1 %.

Tabel 45. Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus

No	Vol. pasir (ml)	Vol. lumpur (gr)	Kadar lumpur (%)
1	90	2	2,17
2	76	4	5
3	92	2	2,12
Rerata			3,1

3) Pengujian Bobot Isi

Pengujian bobot isi agregat halus dilakukan dengan menggunakan 2 jenis, yaitu bobot isi gembur dan bobot isi padat. Dari masing-masing pengujian didapatkan nilai bobot isi

gembur agregat halus sebesar 1,55 gr/cm³ dan bobot isi padat agregat halus sebesar 1,68 gr/cm³.

Tabel 46. Hasil pengujian bobot isi gembur agregat halus

No	Berat pasir (gr)	Volume air (cm ³)	Bobot isi (gr/cm ³)
1	23820	15362,3	1,55055

Tabel 47. Hasil pengujian bobot isi padat agregat halus

No	Berat pasir (gr)	Volume air (cm ³)	Bobot isi (gr/cm ³)
1	25820	15362,3	1,68074

4) Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis agregat halus dilakukan dengan menggunakan 5 sampel. Dari 5 sampel pengujian didapatkan nilai berat jenis agregat halus sebesar 2,73 gr/ml.

Tabel 48. Hasil pengujian berat jenis agregat halus

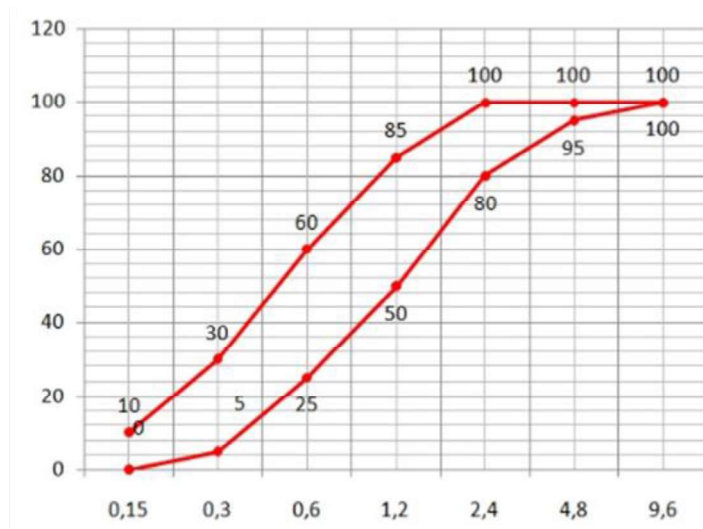
No	Berat pasir (gr)	Volume pasir (ml)	Berat jenis (gr/ml)
1	153,1	56	2,7
2	150,2	54	2,8
3	150	55	2,7
4	150,9	56	2,7
5	151,8	56	2,7
Rerata			2,73

5) Pengujian Modulus Kehalusan Butir

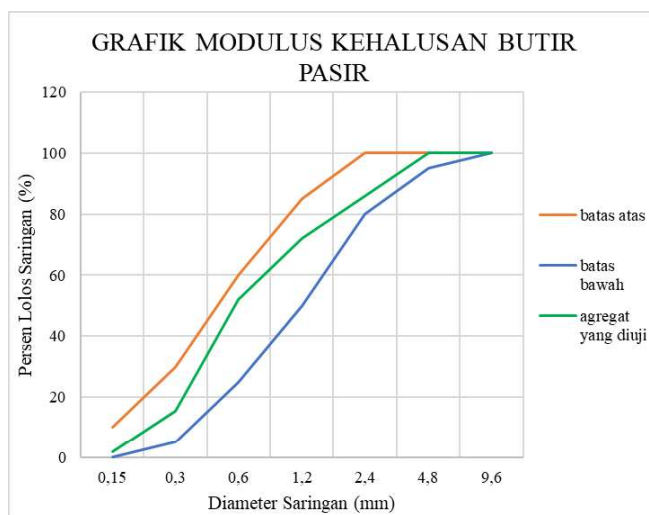
Pengujian modulus kehalusan butir agregat halus dilakukan dengan menggunakan pengujian ayakan. Dari pengujian didapatkan nilai modulus kehalusan butir sebesar 2,72

Tabel 49. Hasil pengujian MKB agregat halus

No	Ukuran saringan (mm)	Berat tertahan (gr)	Persen tertahan (%)	Persen tertinggal kumulatif (%)
1	9,50	0	0,0000	0,0000
2	4,75	0	0,0000	0,0000
3	2,36	68,89	13,8056	13,8056
4	1,18	68,63	13,7535	27,5591
5	0,60	101,51	20,3427	47,9018
6	0,30	182,97	36,6673	84,5691
7	0,15	67,2	13,4669	98,0361
8	< 0,15	9,8	1,6375	0
Jumlah		499	100	271,8717



Gambar 56. Grafik gradasi agregat halus (ASTM C33)



Gambar 57. Grafik MKB agregat halus

6) Pengujian Massa Jenis

Pengujian massa jenis agregat halus dilakukan dengan menggunakan 5 sampel dari 3 jenis kondisi. Dari 3 kondisi tersebut didapatkan nilai massa jenis agregat halus kondisi kering sebesar 2,67, kondisi SSD sebesar 2,75 dan kondisi semu sebesar 2,88.

Tabel 50. Hasil pengujian massa jenis agregat halus

No	Masa jenis kering oven	Masa jenis SSD	Masa jenis semu
1	2,8	2,8	3
2	2,6	2,7	2,8
3	2,8	2,8	2,9
4	2,6	2,7	2,9
5	2,6	2,7	2,9
Rerata	2,67	2,75	2,88

7) Pengujian Absorpsi

Pengujian absorpsi agregat halus dilakukan dengan menggunakan 5 sampel. Dari 5 sampel pengujian didapatkan nilai absorpsi agregat halus sebesar 2,76 %.

Tabel 51. Hasil pengujian absorpsi agregat halus

No	Nilai absorpsi (%)
1	3,1
2	2,7
3	1,2
4	3,5
5	3,3
Rerata	2,76

c. Pengujian Agregat Kasar

1) Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis agregat kasar dilakukan dengan menggunakan 5 sampel. Dari 5 sampel didapatkan nilai berat jenis agregat kasar sebesar 2,51 gr/ml.

Tabel 52. Hasil pengujian berat jenis agregat kasar

No	Berat kerikil (gr)	Volume kerikil (ml)	Berat jenis (gr/ml)
1	157,7	61,5	2,6
2	150	59	2,5
3	151,6	61	2,5
4	150,5	61,5	2,4
5	151,1	60,5	2,5
Rerata			2,51

2) Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air agregat kasar dilakukan dengan menggunakan 5 sampel. Dari 5 sampel pengujian didapatkan nilai kadar air agregat kasar sebesar 3,2 %.

Tabel 53. Hasil pengujian kadar air agregat kasar

No	Berat SSD (gr)	Berat kering oven (gr)	Kadar air (%)
1	500	482	3,6
2	500	482	3,6
3	500	483	3,4
4	500	485	2,8
5	500	487	2,6
Rerata			3,2

3) Pengujian Bobot Isi

Pengujian bobot isi agregat kasar dilakukan dengan menggunakan 2 jenis, yaitu bobot isi gembur dan bobot isi padat. Dari masing-masing pengujian didapatkan nilai bobot isi

gembur agregat kasar sebesar 1,34 gr/cm³ dan bobot isi padat agregat halus sebesar 1,45 gr/cm³.

Tabel 54. Hasil pengujian bobot isi gembur agregat kasar

No	Berat kerikil (gr)	Volume air (cm ³)	Bobot isi (gr/cm ³)
1	20080	15020,1	1,33688

Tabel 55. Hasil pengujian bobot isi padat agregat kasar

No	Berat kerikil (gr)	Volume air (cm ³)	Bobot isi (gr/cm ³)
1	21800	15020,1	1,45139

4) Pengujian Keausan

Pengujian keausan agregat kasar didapatkan dengan persentase keausan sebesar 45,38 %.

Tabel 56. Hasil pengujian keausan agregat kasar

No	Berat awal kerikil (gr)	Berat tertahan (gr)	Nilai keausan (%)
1	5000	2731	45,38

5) Pengujian Massa Jenis

Pengujian massa jenis agregat kasar dilakukan dengan menggunakan 3 sampel dari 3 kondisi. Dari 3 kondisi didapatkan massa jenis agregat kasar pada kondisi kering sebesar 2,32, kondisi SSD sebesar 2,46 dan kondisi semu sebesar 2,68.

Tabel 57. Hasil pengujian massa jenis agregat kasar

No	Massa jenis		
	Kerikil SSD	Kerikil semu	Kerikil oven
1	2,4	2,6	2,2
2	2,5	2,8	2,4
3	2,5	2,7	2,3
Rerata	2,46	2,68	2,32

6) Pengujian Absorpsi

Pengujian absorpsi agregat kasar dilakukan dengan menggunakan 3 sampel. Dari 3 sampel didapatkan nilai absorpsi agregat kasar sebesar 5,63 %.

Tabel 58. Hasil pengujian absorpsi agregat kasar

No	Nilai Absorpsi (%)
1	5,8
2	5,3
3	5,9
Rerata	5,63

2. Pengujian Benda Uji

a. Pengujian *Hammer Test*

Pada penelitian ini, pengujian angka pantul dengan *hammer test* menggunakan sampel sebanyak 30 benda uji. Pengujian angka pantul dilakukan sebanyak 10 kali pengujian pada titik yang berbeda. Setelah dilakukan pengujian sebanyak 10 kali data angka pantul yang didapatkan dicari reratanya. Didapatkan nilai angka pantul maksimum sebesar 25,9 dan nilai angka pantul minimum sebesar 21,5.

Tabel 59. Hasil pengujian *hammer test*

Kode	Nilai angka pantul
1	22,5
2	23,7
3	21,5
4	22,3
5	23,5
6	21,9
7	23,3
8	21,5
9	25,4
10	23,8
11	22,2

Tabel 59. (Lanjutan)

Kode	Nilai angka pantul
12	21,8
13	23,1
14	24,4
15	24,1
16	24,1
17	24,9
18	24,2
19	22,9
20	25,1
21	22,3
22	23,5
23	23,8
24	23,1
25	23,5
26	25,9
27	21,5
28	22,6
29	22,5
30	22,6

b. Pengujian UPV

Pada penelitian ini, pengujian UPV menggunakan 30 sampel benda uji dan dilakukan sebanyak 5 pengujian pada titik yang berbeda. Setelah itu dihitung nilai rerata cepat rambat gelombang untuk setiap benda uji. Didapatkan nilai cepat rambat gelombang minimum sebesar 3024,5 m/s dan maksimum sebesar 4298,6 m/s.

Tabel 60. Hasil pengujian UPV

Kode	Nilai UPV (m/s)
1	3775,0
2	3833,8
3	3808,0
4	3840,8
5	3699,4
6	3899,8
7	3951,0
8	3702,4
9	3762,8

Tabel 60. (lanjutan)

Kode	Nilai UPV (m/s)
10	4184,2
11	3823,8
12	3892,0
13	3784,4
14	3933,0
15	3905,4
16	3933,8
17	3888,6
18	3948,8
19	3809,8
20	3871,8
21	3024,5
22	3977,0
23	4220,6
24	4298,6
25	3852,2
26	3927,6
27	3841,4
28	3815,8
29	3903,2
30	3917,2

c. Pengujian *Compression Test*

Pada penelitian ini, pengujian kuat tekan menggunakan 30 sampel benda uji dengan 2 tipe diameter silinder. Benda uji dengan diameter 3 inci didapatkan nilai kuat tekan minimum sebesar 13,85 MPa dan maksimum sebesar 21,39 MPa. Sedangkan untuk diameter 6 inci didapatkan nilai kuat tekan minimum sebesar 11,91 MPa dan maksimum sebesar 20,83 MPa.

Tabel 61. Hasil pengujian kuat tekan silinder 3 inci

Kode	Kuat tekan (MPa)
1	20,4
2	19,4
3	15,7
4	19,0
5	20,4

Tabel 61. (lanjutan)

Kode	Kuat tekan (MPa)
6	18,4
7	20,3
8	19,4
9	16,7
10	16,6
11	13,8
12	18,5
13	16,7
14	16,5
15	14,8
16	21,1
17	18,8
18	18,5
19	18,4
20	18,5
21	18,5
22	18,6
23	18,5
24	18,5
25	21,4
26	18,5
27	18,3
28	19,4
29	18,5
30	18,6

Tabel 62. Hasil pengujian kuat tekan silinder 6 inci

Kode	Kuat tekan (MPa)
1	16,4
2	15,7
3	15,8
4	17,3
5	15,9
6	17,4
7	18,0
8	16,9
9	15,9
10	18,6
11	17,1
12	15,9

Tabel 62. (lanjutan)

Kode	Kuat tekan (MPa)
13	14,3
14	11,9
15	19,2
16	19,2
17	15,3
18	16,5
19	15,3
20	20,8
21	15,2
22	14,7
23	19,1
24	19,5
25	17,3
26	16,1
27	15,3
28	17,4
29	16,5
30	15,8

3. Analisis penolakan data

Berikut ini analisis data pengujian yang dilakukan dengan menolak atau membuang data yang tidak sesuai dengan distribusi normal. Metode yang digunakan yaitu metode Chauvenet's Criterion. Diawali dengan mencari rerata dari data kemudian menentukan standart deviasi dari data. Setelah itu menentukan D_{maks} atau batas maksimum penyimpangan yang diijinkan. Nilai D_{maks} ditentukan dari jumlah data yang diinput. Semakin banyak data semakin besar nilai D_{maks} . Nilai t_{sus} maks diperoleh dari perbandingan selisih nilai maks dengan rerata terhadap nilai standart deviasi. Nilai t_{sus} min diperoleh dari perbandingan selisih nilai min dengan rerata terhadap nilai standart

deviasi. Apabila nilai t_{sus} masih melebihi nilai D_{maks} perlu dilakukan penolakan data pada nilai t_{sus} yang masih melebihi D_{maks} .

a. Pengujian UPV

Dari analisis penolakan data pada hasil uji UPV sebanyak 30 data. Didapatkan 26 data dengan nilai maksimum 3977 m/s, minimum 3699,4 m/s dengan rerata sebesar 3857 m/s dan standart deviasi sebesar 74,509. Dari 26 data diperoleh nilai D_{maks} sebesar 2,341. Sehingga didapatkan nilai t_{sus} maksimum sebesar 1,6019 dan t_{sus} minimum sebesar 2,1239. Dengan demikian dapat diketahui 4 data yang ditolak karena menyimpang dari distribusi normal.

Tabel 63. Hasil penolakan data uji UPV

Data	Nilai
Rerata	3857
Standar deviasi	74,509
Nilai maks	3977
Nilai min	3699,4
T_{sus} maks	1,6019
T_{sus} min	2,1239
D maks	2,341
Jumlah data, N	26

Dari Tabel 63 mengindikasikan bahwa untuk mencapai nilai t_{sus} maksimum dan t_{sus} minimum dibawah nilai D_{maks} diperlukan menolak 4 data.

b. Pengujian *Hammer Test*

Dari analisis penolakan data pada hasil uji *hammer test* sebanyak 30 data. Didapatkan 30 data dengan nilai maksimum 25,9, minimum 21,5 dengan rerata sebesar 23,3 dan standart deviasi sebesar 1,18. Dari 30 data diperoleh nilai D_{maks} sebesar 2,394.

Sehingga didapatkan nilai t_{sus} maks sebesar 2,24 dan t_{sus} min sebesar 1,47. Dengan demikian dapat diketahui keseluruhan data tidak ada yang menyimpang karena nilai t_{sus} maksimum dan t_{sus} minimum pada saat data sebanyak 30 masih berada dibawah nilai D_{maks} . Sehingga tidak perlu membuang data.

Tabel 64. Hasil penolakan data uji *hammer test*

Data	Nilai
Rerata	23,3
Standar deviasi	1,18
Nilai maks	25,9
Nilai min	21,5
T_{sus} maks	2,2392
T_{sus} min	1,4787
D maks	2,394
Jumlah data, N	30

Dari Tabel 64 mengindikasikan bahwa untuk mencapai nilai t_{sus} maksimum dan t_{sus} minimum dibawah nilai D_{maks} tidak ada data yang ditolak.

c. Pengujian *Compression Test*

1) Silinder diameter 3 inci

Dari analisis penolakan data pada hasil uji kuat tekan silinder 3 inci sebanyak 30 data. Didapatkan 28 data dengan nilai maksimum 21,4, minimum 15,7 dengan rerata sebesar 18,6 dan standart deviasi sebesar 1,36. Dari 28 data diperoleh nilai D_{maks} sebesar 2,394. Sehingga didapatkan nilai t_{sus} maksimum sebesar 2,03 dan t_{sus} minimum sebesar 2,16. Dengan demikian diketahui perlu membuang 2 data agar nilai t_{sus} maks dan t_{sus} min berada dibawah nilai D_{maks} . Sehingga tidak ada yang yang menyimpang.

Tabel 65 Hasil penolakan data uji kuat tekan 3 inci

Data	Nilai
Rerata	18,6
Standar deviasi	1,36
Nilai maks	21,4
Nilai min	15,7
T _{sus} maks	2,0315
T _{sus} min	2,1573
D maks	2,3686
Jumlah data, N	28

2) Silinder diameter 6 inci

Dari analisis penolakan data pada hasil uji kuat tekan silinder 6 inci sebanyak 30 data. Didapatkan 28 data dengan nilai maksimum 19,5, minimum 14,3 dengan rerata sebesar 16,7 dan standart deviasi sebesar 1,45. Dari 28 data diperoleh nilai D_{maks} sebesar 2,37. Sehingga didapatkan nilai t_{sus} maks sebesar 1,97 dan t_{sus} min sebesar 1,68. Dengan demikian diketahui perlu membuang 2 data agar nilai t_{sus} maksimum dan t_{sus} minimum berada dibawah nilai D_{maks}. Sehingga tidak ada yang yang menyimpang.

Tabel 66 Hasil penolakan data uji *compression test* 6 inci

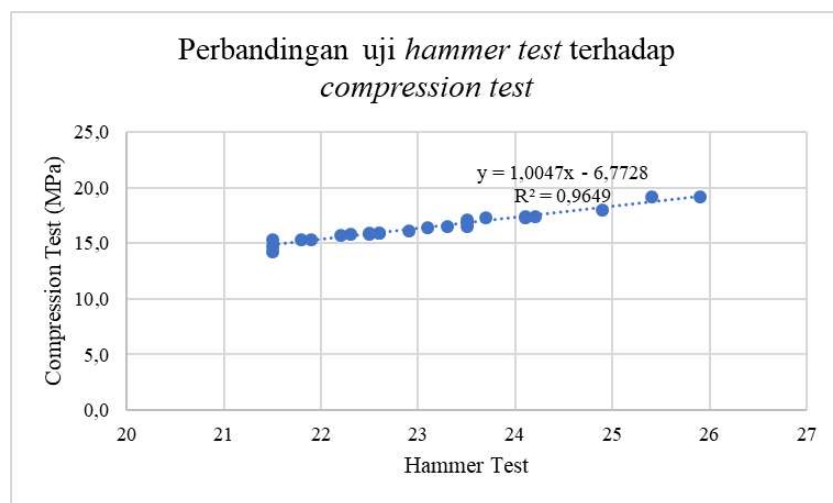
Data	Nilai
Rerata	16,7
Standar deviasi	1,45
Nilai maks	19,5
Nilai min	14,3
T _{sus} maks	1,9682
T _{sus} min	1,6825
D maks	2,3686
Jumlah data, N	28

4. Pembahasan perbandingan pengujian

a. Perbandingan pengujian *hammer test* terhadap pengujian *compression test*

Perbandingan uji *hammer test* terhadap uji *compression test* pada beton mutu rendah 12 MPa didapatkan nilai persamaan regresi $f'c = 1,0047(R) - 6,7728$ dengan $R^2 = 0,9649$.

Dari perbandingan pengujian *hammer test* terhadap *compression test* dapat diketahui bahwa semakin tinggi nilai angka pantul dari beton akan diikuti dengan semakin tinggi nilai kuat tekan beton tersebut.

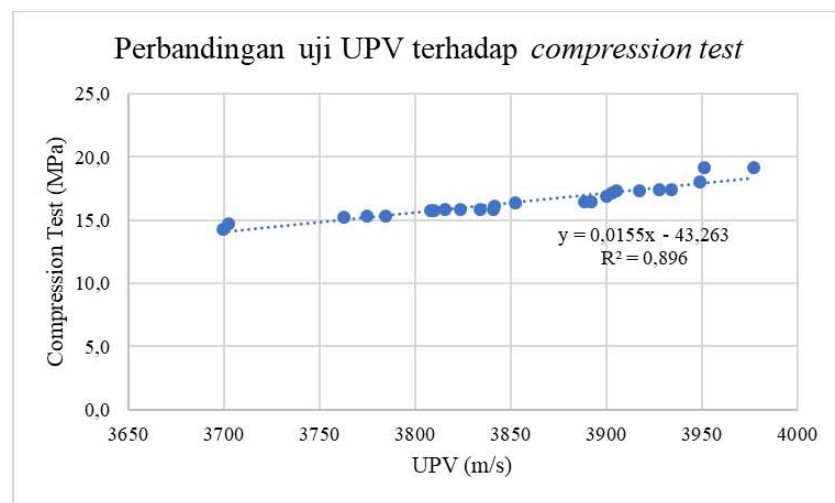


Gambar 58. Grafik perbandingan uji *hammer test* terhadap uji *compression test*

b. Perbandingan pengujian UPV terhadap pengujian *compression test*

Perbandingan uji UPV terhadap uji *compression test* pada beton mutu rendah 12 MPa didapatkan nilai persamaan regresi $f'c = 0,0155(v) - 43,263$ dengan $R^2 = 0,896$.

Dari perbandingan yang didapat antara pengujian UPV terhadap pengujian *compression test* dapat diketahui apabila nilai UPV cepat rambat gelombang semakin besar maka kerapatan benda uji beton akan semakin tinggi. Sehingga semakin besar kerapatan beton akan diikuti dengan semakin tinggi nilai kuat tekan beton tersebut.

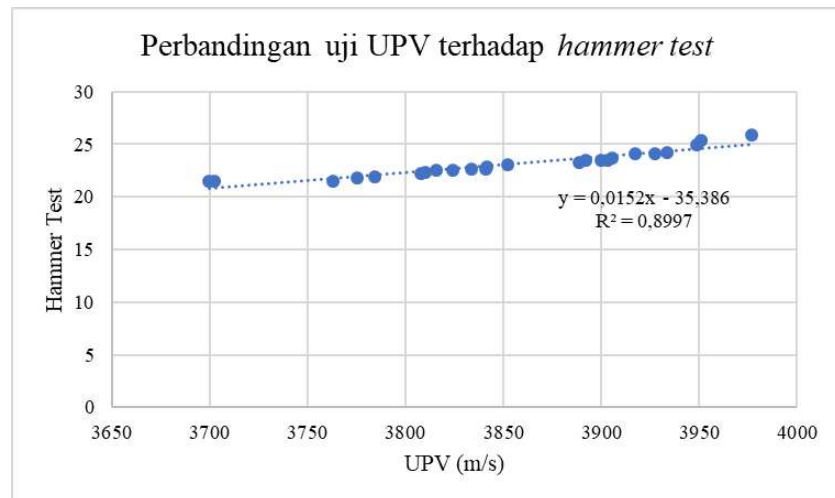


Gambar 59. Grafik perbandingan uji UPV terhadap uji *compression test*

c. Perbandingan pengujian UPV terhadap pengujian *hammer test*

Perbandingan nilai uji UPV terhadap uji *hammer test* pada beton mutu rendah 12 MPa didapatkan nilai persamaan regresi $R = 0,0152(v) - 35,386$ dengan $R^2 = 0,8997$.

Perbandingan pengujian UPV terhadap *hammer test* ini dapat digunakan sebagai acuan bahwa semakin besar nilai cepat rambat gelombang menunjukkan kerapatan dari benda uji semakin tinggi. Sehingga dapat diketahui semakin tinggi kerapatan beton nilai angka pantul akan semakin tinggi.



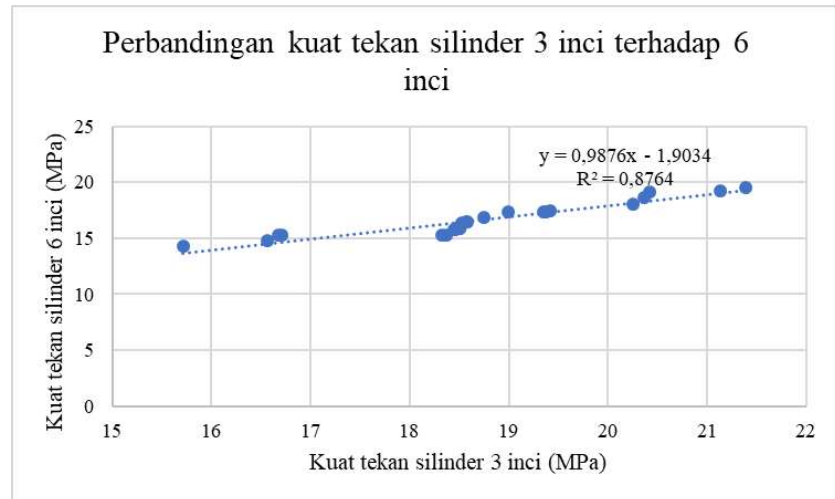
Gambar 60. Grafik perbandingan uji UPV terhadap *hammer test*

- d. Perbandingan pengujian *compression test* silinder 3 inci terhadap *compression test* silinder 6 inci.

Dari perbandingan nilai kuat tekan silinder 3 inci dengan 6 inci didapatkan nilai kuat tekan beton silinder dengan mutu rendah 12 MPa didapatkan nilai persamaan regresi $f'_{c6''} = 0,8874(f'_{c3''}) + 4,0037$ dengan $R^2 = 0,8764$.

Perbandingan kuat tekan beton antara silinder diameter 3 inci dengan 6 inci bertujuan untuk membandingkan pengujian *core drill* pada bangunan dengan diameter *core drill* antara 2 – 8 inci dengan uji tekan beton dengan silinder diameter 6 inci. Sehingga dapat digunakan untuk mengetahui konversi dari diameter 3 inci terhadap diameter 6 inci dalam mutu yang ditentukan. Nilai kuat tekan suatu benda uji beton dipengaruhi oleh luas tampang dari benda uji tersebut. Jadi dengan mutu kuat tekan yang sama dan apabila luas

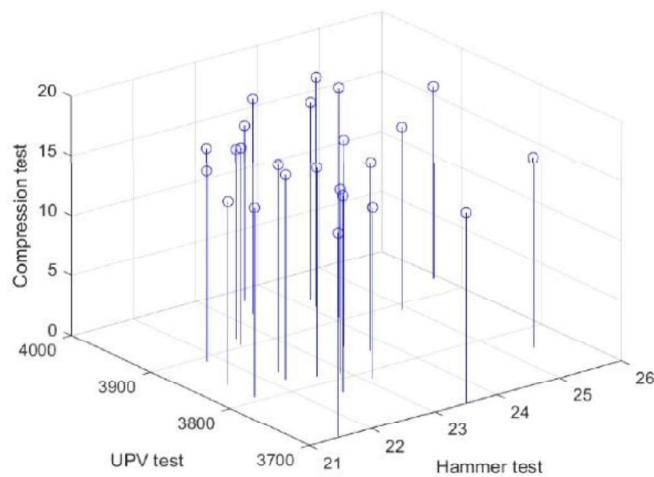
tampang yang berbeda akan menyebabkan nilai kuat tekan yang berbeda juga.



Gambar 61. Perbandingan uji tekan silinder 3 inci terhadap 6 inci

e. Perbandingan pengujian *hammer test*, UPV dan *compression test*

Perbandingan uji *hammer test*, UPV terhadap *compression test* pada beton mutu rendah 12 MPa dapat dilihat pada Gambar 62.



Gambar 62. Grafik perbandingan uji *hammer test*, UPV terhadap *compression test*

Dari Gambar 62 dapat diketahui pengujian beton mutu rendah 12 MPa pada umur 28 hari didapatkan nilai angka pantul maksimum sebesar 25,9 dan angka pantul minimum sebesar 21,5. Pada pengujian UPV cepat rambat gelombang didapatkan dengan nilai maksimum sebesar 3977 m/s dan minimum sebesar 3699,4 m/s. Pada pengujian kuat tekan didapatkan kuat tekan maksimum sebesar 19,5 MPa dan minimum sebesar 14,3 MPa. Dari ketiga pengujian didapatkan persamaan $f'c = 0,0024(v) + 0,861(R) - 12,79$ dengan $R^2 = 0,9671$, $f'c = \text{Compression test}$, $v = \text{UPV test}$ dan $R = \text{Hammer test}$.

Dengan demikian didapatkan nilai angka pantul akan tinggi jika cepat rambat gelombang semakin tinggi yang menyebabkan kerapatan beton semakin tinggi dan diikuti dengan nilai kuat tekan yang semakin tinggi.