

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Pengujian

Bahan – bahan yang akan digunakan dalam pembuatan beton, terlebih dahulu dilakukan pengujian. Adapun hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap pengujian material maupun benda uji sebagai berikut:

1. Pengujian Bahan

a. Pengujian Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Sungai Progo. Pada pengujian agregat halus meliputi pengujian:

1) Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air bertujuan untuk mengetahui nilai kadar air yang terkandung dalam agregat halus. Pada pengujian ini agregat halus dikondisikan dalam kondisi SSD. Berikut ini hasil dari pengujian kadar air SSD:

Tabel 11. Data Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Sampel	Berat Awal / A (gram)	Berat Akhir / B (gram)
1.	200	197
2.	200	196,5
3.	200	197,5
4.	200	197,5
5.	200	198

2) Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis bertujuan untuk menentukan nilai berat jenis dari agregat halus. Pada pengujian ini agregat halus dikondisikan dalam kondisi SSD. Data pengujian berat jenis agregat halus diperoleh sebagai berikut:

Tabel 12. Data Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Sampel	Berat Pasir (gram)	Volume Air (ml)
1.	153.1	56
2.	150.2	54
3.	150	55
4.	150.9	56
5.	151.8	56

3) Pengujian Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur digunakan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat pada agregat halus. Data pengujian kadar lumpur agregat halus diperoleh sebagai berikut:

Tabel 13. Data Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Sampel	Volume (ml)		
	Pasir	Lumpur	Air
1.	90	76	92
2.	2	4	2
3.	108	120	106

4) Pengujian Bobot Isi

Pengujian bobot isi merupakan perbandingan antara berat agregat dengan volume yang ditempatinya. Pengujian

bobot isi digunakan untuk mempermudah perhitungan campuran beton bila menimbang agregat dengan ukuran volume. Pada pengujian bobot isi dibagi menjadi 2, yaitu:

a. Bobot Isi Gembur

Data pengujian Bobot isi gembur agregat halus diperoleh sebagai berikut:

Tabel 14. Data Pengujian Bobot Isi Gembur Agregat

Halus

Sampel	Berat Pasir (kg)	Volume Air (m ³)
1.	23,82	0,015362

b. Bobot Isi Padat

Data pengujian bobot isi padat agregat halus diperoleh sebagai berikut:

Tabel 15. Data Pengujian Bobot Isi Padat Agregat Halus

Sampel	Berat Pasir (kg)	Volume Air (m ³)
1.	25,82	0,0149

5) Pengujian Modulus Kehalusan Butir (MKB)

Pengujian modulus kehalusan butir dilakukan untuk mengetahui tingkat kehalusan atau kekasaran suatu agregat yang digunakan pada pencampuran beton. Hasil dari pengujian modulus kehalusan butir adalah sebagai berikut:

Tabel 16. Data Pengujian Modulus Kehalusan Butir Agregat Halus

Ukuran Ayakan (mm)	Berat Tertahan (gram)	Persen Tertahan (%)
9,50	0	0
4,75	0	0
2,36	68.89	13.8056
1,18	68.63	13.7535
0,60	101.51	20.3427
0,30	182.97	36.6673
0,15	67.2	13.4669
< 0,15	-	-
Jumlah	489.2	98.036

b. Pengujian Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Gunung Merapi. Pada pengujian agregat kasar meliputi pengujian:

1) Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air bertujuan untuk mengetahui nilai kadar air yang terkandung dalam agregat kasar. Pada pengujian ini agregat kasar dikondisikan dalam kondisi SSD. Setelah dilakukan pengujian agregat kasar didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 17. Data Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Sampel	Berat Awal / A (gram)	Berat Akhir / B (gram)
1.	500	482
2.	500	482
3.	500	483
4.	500	486
5.	500	487

2) Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis bertujuan untuk menentukan nilai berat jenis dari agregat kasar. Pada pengujian ini agregat kasar dikondisikan dalam kondisi SSD. Data pengujian berat jenis agregat kasar diperoleh sebagai berikut:

Tabel 18. Data Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Sampel	Berat Kerikil (gram)	Volume Air (ml)
1.	157.70	61.50
2.	150.00	59.00
3.	151.60	61.00
4.	150.50	61.50
5.	151.10	60.50

3) Pengujian Keausan

Pengujian keausan digunakan untuk menentukan tingkat keausan agregat kasar dengan menggunakan mesin *los angeles*. Keausan agregat kasar didapatkan dengan perbandingan antara berat agregat aus lewat saringan no. 12 terhadap berat semula

dalam persen. Data pengujian keausan agregat kasar diperoleh sebagai berikut:

Tabel 19. Data Pengujian Keausan Agregat Kasar

Sampel	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)
1.	5000	2731

4) Pengujian Bobot Isi

Pengujian bobot isi merupakan perbandingan antara berat agregat dengan volume yang ditempatinya. Pengujian bobot isi digunakan untuk mempermudah perhitungan campuran beton bila menimbang agregat dengan ukuran volume. Pada pengujian bobot isi dibagi menjadi 2, yaitu:

a. Bobot Isi Gembur

Data pengujian Bobot isi gembur agregat kasar diperoleh sebagai berikut:

Tabel 20. Data Pengujian Bobot Isi Gembur Agregat Kasar

Sampel	Berat Kerikil (kg)	Volume Air (m^3)
1.	20,08	0,01502

b. Bobot Isi Padat

Data pengujian bobot isi padat agregat kasar diperoleh sebagai berikut:

Tabel 21. Data Pengujian Bobot Isi Padat Agregat Kasar

Sampel	Berat Kerikil (kg)	Volume Air (m ³)
1.	25,82	0,0149

c. Pengujian Semen

Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah Semen Portland Pozzolan (PPC). Pada pengujian semen meliputi pengujian:

1) Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis bertujuan untuk menentukan nilai berat jenis dari semen dengan membandingkan massa semen dengan volume air. Data pengujian berat jenis semen diperoleh sebagai berikut:

Tabel 22. Data Pengujian Berat Jenis Semen

Sampel	Berat Semen Total (gram)	Volume Semen (ml)
1.	30	10
2.	29	10
3.	33	10
4.	30	10
5.	31	10

2) Pengujian Kehalusan Semen Portland

Pengujian kehalusan semen portland bertujuan untuk mendapatkan nilai kehalusan dari semen portland yang nantinya digunakan untuk pengendalian mutu semen. Kehalusan semen

portland didapatkan dari perbandingan antara berat semen tertahan saringan no. 200 dengan berat awal semen.

Tabel 23. Data Pengujian Kehalusinan Semen Portland

Sampel	Berat Awal Semen (gram)	Berat Semen Tertahan Saringan No. 200 (gram)
1.	100	0.23
2.	100	0.17
3.	100	0.19

d. Pengujian Air

Pengujian air digunakan untuk mengecek keadaan air apakah air baik digunakan untuk bahan pengecoran beton atau tidak. Pengujian air dilakukan secara langsung di lapangan pada saat akan dilaksanakannya pengecoran beton. Hasil pengamatan didapatkan bahwa air dalam kondisi bersih karena fisik air terlihat bening tidak tercampur dengan lumpur maupun bahan-bahan yang merusak beton.

Hasil yang didapatkan dari pengujian air tersebut membuktikan bahwa air yang digunakan sesuai yang telah di standarkan menurut SNI 03-2847-2002 yang menyebutkan bahwa:

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan 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 aluminium, 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.

2. Pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)*

Pengujian UPV digunakan untuk mengidentifikasi mutu integritas beton dengan pendekatan rambatan gelombang *ultrasonic*. Berikut ini data yang didapat setelah dilakukannya pengujian UPV:

Tabel 24. Data Pengujian UPV

Sampel		Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3	Pengujian 4	Pengujian 5
1	μs	72.8	74.3	71.5	77.8	72.2
	m/s	4190	4105	4266	3920	4224
2	μs	85.7	74.2	73	79	74.3
	m/s	3559	4111	4178	3861	4105
3	μs	73.5	73.3	73.7	73.2	73.8
	m/s	4150	4161	4138	4167	4133
4	μs	73	71.5	71.7	71.7	72.5
	m/s	4178	4266	4254	4254	4207
5	μs	72.2	71.2	72.3	72.3	72.5
	m/s	4224	4284	4219	4219	4207
6	μs	73.5	72.8	72.5	72.8	73
	m/s	4150	4190	4207	4190	4178

Tabel 24. (lanjutan)

Sampel		Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3	Pengujian 4	Pengujian 5
7	μs	72.5	74.2	76	74.3	73.2
	m/s	4207	4111	4013	4105	4167
8	μs	72.5	73	73	74	73
	m/s	4207	4178	4178	4122	4178
9	μs	73	72.8	73.5	73.3	74
	m/s	4178	4190	4150	4161	4122
10	μs	72.5	73	72.5	73	72.5
	m/s	4122	4266	4224	4254	4094
11	μs	73.3	72	73.2	74.5	72.5
	m/s	4161	4236	4167	4094	4207
12	μs	78.2	74.2	73.2	73.2	73.3
	m/s	3900	4111	4167	4167	4161
13	μs	77.8	73.7	75.2	76.3	78.8
	m/s	3920	4138	4056	3997	3871
14	μs	73	73.5	72.8	72	73
	m/s	4178	4150	4190	4236	4178
15	μs	85.5	71.7	71.7	73.3	73.3
	m/s	3567	4254	4254	4161	4616
16	μs	73	74.7	73.5	76.8	78.7
	m/s	4178	4083	4150	3971	3875
17	μs	73.5	74.3	74.7	73.5	72.2
	m/s	4150	4105	4083	4150	4224
18	μs	72.5	72.7	71.8	72.3	77.7
	m/s	4207	4195	4248	4219	3925
19	μs	77	73	78.8	73.3	73.3
	m/s	3961	4178	3871	4161	4161

Tabel 24. (lanjutan)

Sampel		Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3	Pengujian 4	Pengujian 5
20	μs	74.5	73.2	72.3	72.5	80
	m/s	4094	4167	4219	4207	3813
21	μs	77.3	74.3	72.7	73	72.7
	m/s	3946	4105	4195	4178	4195
22	μs	77.8	74	73.5	73.3	72.5
	m/s	3920	4122	4150	4161	4207
23	μs	73.3	73.8	77.7	76.7	72.5
	m/s	4161	4133	3925	3977	4207
24	μs	73.2	72.5	75.5	74.5	72.8
	m/s	4167	4207	4040	4094	4190
25	μs	73.5	73.3	75.5	73	72.8
	m/s	4150	4161	4040	4178	4190
26	μs	76.8	73.8	72.8	78.7	74
	m/s	3971	4133	4190	3875	4122
27	μs	73	74.7	72.8	73	73.2
	m/s	4178	4083	4190	4178	4167
28	μs	72.8	71.3	74.2	72.5	73.7
	m/s	4190	4278	4111	4207	4138
29	μs	81.8	74	72.5	75	72.5
	m/s	3729	4122	4207	4067	4207
30	μs	77.8	72.7	73.2	73.5	73.5
	m/s	3920	4195	4167	4150	4150

3. Pengujian Hammer Test

Pengujian *hammer test* digunakan untuk memperkirakan mutu beton, terutama pada struktur bangunan yang sudah jadi. Pada

penelitian ini digunakan silinder beton dan dilakukan pengujian pada 10 titik. Berikut ini data yang didapat dari pengujian *hammer test*:

Tabel 25. Data Pengujian *Hammer Test*

Sampel	Nilai <i>Hammer Test</i>										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	26	28	28	29	27	26	27	30	30	30	28.1
2	24	26	25	24	29	27	23	24	28	30	26
3	24	26	23	26	24	23	22	22	24	26	24
4	24	24	26	28	25	27	28	26	24	30	26.2
5	25	24	26	28	28	26	25	24	26	30	26.2
6	24	25	29	23	27	23	25	23	26	24	24.9
7	26	34	26	22	24	25	26	31	27	24	26.5
8	24	22	25	25	26	23	25	26	22	25	24.3
9	22	26	28	23	25	26	24	28	24	25	25.1
10	23	24	26	25	28	25	25	28	27	26	25.7
11	23	25	26	27	28	27	24	25	27	23	25.5
12	23	28	27	28	24	26	25	23	28	31	26.3
13	29	29	30	28	26	29	27	28	32	26	28.4
14	24	24	23	23	26	24	22	28	24	26	24.4
15	21	25	28	26	29	27	26	31	25	25	26.3
16	24	24	28	27	23	24	27	26	24	30	25.7
17	33	29	29	27	26	29	27	30	28	24	28.2
18	25	27	24	28	29	28	25	27	25	29	26.7
19	23	25	26	28	26	24	26	25	23	22	24.8
20	24	25	26	27	23	27	25	29	28	27	26.1
21	22	24	26	25	23	24	24	24	25	24	24.1
22	24	25	25	26	25	24	24	23	24	28	24.8
23	23	27	25	27	25	26	28	26	23	28	25.8
24	26	27	27	25	25	23	23	22	26	25	24.9

Tabel 25. (lanjutan)

Sampel	Nilai <i>Hammer Test</i>										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
25	25	27	31	26	34	28	25	23	25	27	27.1
26	25	24	32	28	26	28	25	27	28	28	27.1
27	22	24	29	22	26	30	21	30	32	27	26.3
28	22	26	26	24	23	25	27	24	26	28	25.1
29	25	28	27	28	25	24	22	26	28	24	25.7
30	22	28	22	25	28	28	27	24	26	27	25.7

4. Pengujian *Compression Test*

Pengujian *compression test* digunakan untuk mengetahui nilai dari kuat tekan beton yang diuji. Pada penelitian ini dilakukan 2 pengujian *compression test*, yaitu pada silinder diameter 3" dan silinder diameter 6". Berikut ini hasil dari pengujian *compression test* yang akan disajikan dalam bentuk tabel:

Tabel 26. Data Pengujian *Compression Test*

No. Benda Uji	Diameter (cm)				Diameter Rata-rata (cm)	Tinggi (cm)		Tinggi Rata-rata (cm)	Berat (gr)	Hasil Bacaan CTM (Ton)	
	Atas		Bawah			T1	T2				
	D1	D2	D3	D4							
1	8.2	8.1	8.3	8.3	8.2	20.1	20.3	20.2	2499	19	
2	8.2	8.1	8.2	8.2	8.2	20.3	20.3	20.3	2556	21	
3	8.0	8.3	8.1	8.3	8.2	20.4	20.3	20.4	2521	14	
4	8.1	8.3	8.2	8.2	8.2	20.4	20.2	20.3	2567	20	
5	8.1	8.3	8.3	8.2	8.2	20.2	20.2	20.2	2562	25.5	
6	8.1	8.3	8.2	8.2	8.2	20.0	20.3	20.2	2549	18	
7	8.0	8.3	8.3	8.2	8.2	20.2	20.1	20.1	2574	20	
8	8.1	8.3	8.1	8.2	8.2	20.5	20.4	20.4	2575	22	
9	8.0	8.3	8.3	8.2	8.2	20.1	20.5	20.3	2540	18	
10	8.3	8.1	8.3	8.2	8.2	20.2	20.1	20.1	2530	21	
11	8.2	8.1	8.2	8.1	8.1	20.2	20.2	20.2	2540	17	
12	8.1	8.2	8.3	8.2	8.2	20.1	20.0	20.1	2545	20	
13	8.4	8.1	8.3	8.3	8.3	20.1	20.4	20.2	2555	20	

Tabel 26. (lanjutan)

No. Benda Uji	Diameter (cm)				Diameter Rata- rata (cm)	Tinggi (cm)		Tinggi Rata- rata (cm)	Berat (gr)	Hasil Bacaan CTM (Ton)				
	Atas		Bawah											
	D1	D2	D3	D4		T1	T2							
14	8.3	8.2	8.2	8.3	8.3	20.3	20.3	20.3	2599	24				
15	8.1	8.4	8.3	8.3	8.3	20.3	20.3	20.3	2555	20.5				
16	8.3	8.2	8.2	8.2	8.2	20.2	20.2	20.2	2568	13				
17	8.2	8.1	8.2	8.1	8.2	20.1	20.1	20.1	2530	25				
18	8.1	8.2	8.2	8.2	8.2	20.2	20.1	20.1	2560	20.5				
19	8.3	8.1	8.2	8.2	8.2	20.3	20.4	20.3	2600	22.5				
20	8.3	8.1	8.2	8.3	8.2	20.4	20.2	20.3	2585	17				
21	8.3	8.1	8.2	8.2	8.2	20.2	20.2	20.2	2560	19				
22	8.3	8.0	8.2	8.2	8.2	20.3	20.4	20.3	2640	19.5				
23	8.3	8.1	8.2	8.2	8.2	20.1	20.1	20.1	2560	19				
24	8.3	8.1	8.2	8.1	8.2	20.3	20.1	20.2	2560	25				
25	8.3	8.1	8.2	8.2	8.2	20.3	20.4	20.4	2600	17.5				
26	8.3	8.2	8.3	8.2	8.2	20.2	20.1	20.2	2552	23				
27	8.3	8.1	8.2	8.2	8.2	20.3	19.9	20.1	2548	20				
28	8.3	8.1	8.3	8.2	8.2	20.1	20.1	20.1	2564	23				
29	8.3	8.1	8.2	8.1	8.2	20.1	20.1	20.1	2920	18.5				
30	8.3	8.2	8.1	8.2	8.2	20.3	20.1	20.2	2590	15				

B. Pembahasan

1. Pengujian Bahan

Sebelum membuat benda uji, maka terlebih dahulu melakukan pengujian pada bahan – bahan yang akan digunakan. Bahan yang digunakan adalah agregat kasar dari Gunung Merapi dan agregat halus dari Sungai Progo. Tujuan dari pengujian bahan ini untuk mengetahui sifat – sifat yang terkandung pada bahan tersebut. Pengujian yang dilakukan antara lain mencari kadar air agregat, berat jenis agregat, kadar lumpur agregat, bobot isi gembur agregat, bobot isi padat agregat, modulus kehalusan butir agregat halus, keausan agregat kasar, berat jenis semen, dan kehalusan semen portland.

Setelah melakukan pengujian dan mendapatkan data, selanjutnya membuat rancangan *mix design* untuk membuat benda uji. Berikut ini pengujian bahan yang dilakukan, yaitu:

a. Pengujian Agregat Halus

1) Pengujian Kadar Air

Kandungan air pada agregat halus sangat mempengaruhi pada pekerjaan campuran beton. Pengujian kadar air pada agregat halus dengan menggunakan 5 sampel kondisi SSD didapatkan bahwa kadar air agregat halus sebesar 1,35%.

Tabel 27. Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus SSD

Sampel	Berat Awal / A (gram)	Berat Akhir / B (gram)	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
Rata – rata			1,35

2) Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis agregat halus menggunakan 5 sampel dalam kondisi SSD. Pada penelitian ini didapatkan berat jenis agregat halus sebesar 2,73.

Tabel 28. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Sampel	Berat Pasir (gram)	Volume Air (ml)	Berat Jenis
1.	153,1	56	2,73

Tabel 28. (lanjutan)

Sampel	Berat Pasir (gram)	Volume Air (ml)	Berat Jenis
2.	150,2	54	2,78
3.	150	55	2,73
4.	150,9	56	2,69
5.	151,8	56	2,71
Rata - rata			2,73

3) Pengujian Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur agregat halus menggunakan 3 sampel kondisi alami. Pada penelitian ini didapatkan kadar lumpur pada agregat halus sebesar 3,1005%. Menurut SNI 03-6861.11-2002, kadar lumpur maksimum pada agregat halus adalah 5%. Dengan demikian agregat halus yang telah di uji sebelumnya masih memenuhi standar karena memiliki nilai 3,1005% , lebih kecil dari yang di standarkan yaitu 5%.

Tabel 29. Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Sampel	Volume (ml)			Kadar Lumpur (%)
	Pasir	Lumpur	Air	
1.	90	76	92	2,17391
2.	2	4	2	5
3.	108	120	106	2,12766
Rata - rata				3,1005

4) Pengujian Bobot Isi

Pada penelitian ini, pengujian bobot isi agregat halus dibagi menjadi 2, yaitu:

a. Bobot Isi Gembur

Pada pengujian bobot isi gembur agregat halus menggunakan 1 sampel dan didapatkan nilai bobot isi gembur agregat halus sebesar $1550,5 \text{ kg/m}^3$.

Tabel 30. Hasil Pengujian Bobot Isi Gembur Agregat Halus

Sampel	Berat Pasir (kg)	Volume Air (m^3)	Bobot Isi Gembur (kg/m^3)
1.	23,82	0,015362	1550,5

b. Bobot Isi Padat

Hasil pengujian bobot isi padat agregat halus diperoleh sebagai berikut:

Tabel 31. Hasil Pengujian Bobot Isi Padat Agregat Halus

Sampel	Berat Pasir (kg)	Volume Air (liter)	Bobot Isi Padat (kg/m^3)
1.	25,82	0,0149	1732,9

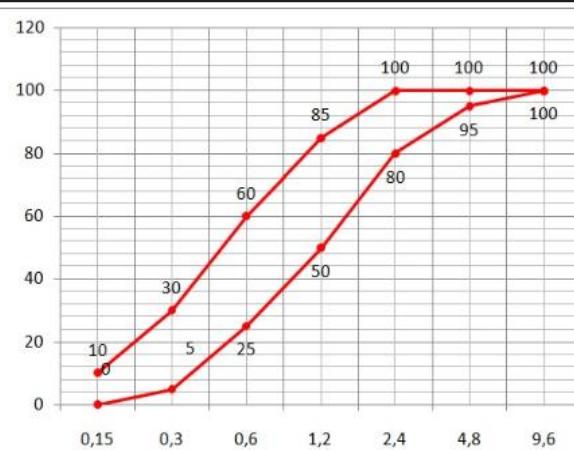
5) Pengujian Modulus Kehalusan Butir (MKB)

Pengujian modulus kehalusan butir menggunakan 1 sampel dan didapatkan nilai MKB sebesar 3,7241. Dengan menggunakan grafik MKB agregat halus menurut ASTM C33, didapatkan bahwa nilai MKB yang didapatkan masih dalam

batasan yang disyaratkan. Hasil dari pengujian modulus kehalusan butir adalah sebagai berikut:

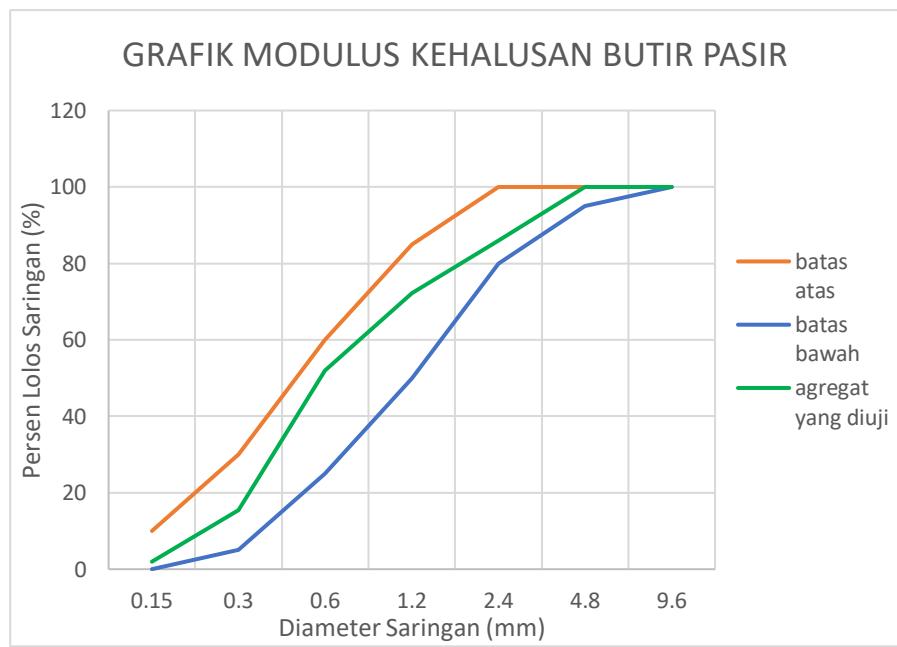
Tabel 32. Hasil Pengujian Modulus Kehalusan Butir Agregat Halus

Ukuran Ayakan (mm)	Berat Tertahan (gram)	Persen tertahan (%)	Persen tertinggal kumulatif (%)	MKB
9,50	0	0	0	2,718717
4,75	0	0	0	
2,36	68,89	13,8056	13,8056	
1,18	68,63	13,7535	27,5591	
0,60	101,51	20,3427	47,9018	
0,30	182,97	36,6673	84,5691	
0,15	67,2	13,4669	98,0361	
< 0,15	-	-	-	
Jumlah	489,2	98,036	271,8717	



Grafik Gradasi Agregat Halus (ASTM C-33)

Gambar 58. Grafik Gradasi Agregat Halus Menurut ASTM C33



Gambar 59. Grafik Modulus Kehalusan Butir Agregat Halus

b. Pengujian Agregat Kasar

1) Pengujian Kadar Air

Kandungan air pada agregat kasar sangat mempengaruhi pada pekerjaan campuran beton. Pengujian kadar air pada agregat kasar dengan menggunakan 5 sampel kondisi SSD didapatkan bahwa kadar air agregat kasar sebesar 3,2%.

Tabel 33. Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Sampel	Berat Awal / A (gram)	Berat Akhir / B (gram)	Kadar Air (%)
1.	500	482	3,6
2.	500	482	3,6
3.	500	483	3,4
4.	500	486	2,8
5.	500	487	2,6
Rata-rata			3,2

2) Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis agregat kasar menggunakan 5 sampel dalam kondisi SSD. Pada penelitian ini didapatkan berat jenis agregat kasar sebesar 2,5073.

Tabel 34. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Sampel	Berat Kerikil (gram)	Volume Air (ml)	Berat Jenis
1.	157.70	61.50	2,5642
2.	150.00	59.00	2,5424
3.	151.60	61.00	2,4852
4.	150.50	61.50	2,4472
5.	151.10	60.50	2,4975
Rata - Rata			2,5073

3) Pengujian Keausan

Pengujian keausan menggunakan 1 sampel dan didapatkan presentase keausan sebesar 45,38%. Menurut SNI 2417-2008, agregat kasar yang telah diuji beratnya tidak boleh kehilangan lebih dari 50%. Mengacu dengan standar tersebut, maka agregat kasar yang diuji sebelumnya masih memenuhi standar karena memiliki nilai presentase 45,38%, lebih kecil dari yang di standarkan yaitu maksimum 50%.

Tabel 35. Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar

Sampel	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Presentase Keausan (%)
1.	5000	2731	45,38

4) Pengujian Bobot Isi

Pada penelitian ini pengujian bobot isi agregat kasar dibagi menjadi 2, yaitu:

a. Bobot Isi Gembur

Hasil pengujian Bobot isi gembur agregat kasar diperoleh sebagai berikut:

Tabel 36. Hasil Pengujian Bobot Isi Gembur Agregat

Kasar

Sampel	Berat Kerikil (kg)	Volume Air (m ³)	Bobot Isi (kg/m ³)
1.	20,08	0,01502	1336,9

b. Bobot Isi Padat

Hasil pengujian bobot isi padat agregat kasar diperoleh sebagai berikut:

Tabel 37. Hasil Pengujian Bobot Isi Padat Agregat Kasar

Sampel	Berat Kerikil (kg)	Volume Air (m ³)	Bobot Isi (kg/m ³)
1.	25,82	0,0149	1451,4

c. Pengujian Semen

Pada penelitian ini pengujian semen meliputi 2 pengujian, yaitu:

1) Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis menggunakan 5 sampel dan didapatkan nilai berat jenis semen sebesar 3,06.

Tabel 38. Hasil Pengujian Berat Jenis Semen

Sampel	Berat Semen Total (gram)	Volume Semen (ml)	Berat Jenis Semen
1.	30	10	3
2.	29	10	2,9
3.	33	10	3,3
4.	30	10	3
5.	31	10	3,1
Rata - rata			3,06

2) Pengujian Kehalusan Semen Portland

Pengujian kehalusan semen portland pada penelitian ini menggunakan 3 sampel dan didapatkan nilai kehalusan semen portland sebesar 0,1967%.

Tabel 39. Hasil Pengujian Kehalusan Semen Portland

Sampel	Berat Awal Semen (gram)	Berat Semen Tertahan Saringan No. 200 (gram)	Kehalusan Semen Portland (%)
1.	100	0.23	0,23
2.	100	0.17	0,17
3.	100	0.19	0,19
Rata – rata			0,1967

3) Pengujian Massa Jenis Semen

Pengujian massa jenis semen pada penelitian ini menggunakan 5 sampel dan didapatkan nilai massa jenis semen adalah 3,06.

Tabel 40. Hasil Pengujian Massa Jenis Semen

Sampel	Berat Jenis Semen (gram/ml)	Berat Jenis Air (gram/ml)	Massa Jenis Semen
1.	3	1	3
2.	2,9	1	2,9
3.	3,3	1	3,3
4.	3	1	3
5.	3,1	1	3,1
Rata - rata			3,06

2. Pengolahan Data Hasil Pengujian

Pada proses pengolahan data pengujian, penelitian ini menggunakan metode penolakan data *Chauvenet's Criterion*. Data akan diolah dan ditentukan apakah data tersebut valid atau tidak. Data dianggap valid apabila nilai Tsus minimal dan Tsus maksimal lebih rendah dari nilai D maksimum.

a. Pengolahan Data Pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV)

Pada penelitian ini, pengujian UPV menggunakan 30 sampel benda uji dan dilakukan 5 kali pengujian setiap benda uji. Setelah dilakukan pengolahan, ternyata terdapat 2 data yang tidak valid, yaitu data pengujian nomor 2 dan 13. Data yang tidak valid tersebut akan dihilangkan, sehingga data yang ada dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut. Hasil yang diperoleh yaitu nilai Tsus minimum adalah 1,851 dan nilai Tsus maksimum adalah 2,049. Sedangkan nilai D maksimum adalah 2,369.

Tabel 41. Hasil Pengolahan Data Pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)*

No. Benda Uji	Data Pengujian UPV (m/s)
1	4141
3	4149.8
4	4231.8
5	4230.6
6	4183
7	4120.6
8	4172.6
9	4160.2
10	4192
11	4173
12	4101.2
14	4186.4
15	4170.4
16	4051.4
17	4142.4
18	4158.8
19	4066.4
20	4100
21	4123.8
22	4112
23	4080.6
24	4139.6
25	4143.8
26	4058.2
27	4159.2
28	4184.8
29	4066.4
30	4116.4

b. Pengolahan Data Pengujian *Hammer Test*

Pada penelitian ini, pengujian hammer test menggunakan 30 sampel benda uji dan dilakukan 10 kali pengujian setiap benda uji.

Setelah dilakukan pengolahan, ternyata tidak terdapat data yang tidak valid. Jadi, data tersebut dapat digunakan untuk dianalisis lebih lanjut. Hasil yang diperoleh yaitu nilai Tsus minimum adalah 1,617 dan nilai Tsus maksimum adalah 2,195. Sedangkan nilai D maksimum adalah 2,394.

Tabel 42. Hasil Pengolahan Data Pengujian *Hammer Test*

No. Benda Uji	Data Pengujian <i>Hammer Test</i>
1	28.1
2	26
3	24
4	26.2
5	26.2
6	24.9
7	26.5
8	24.3
9	25.1
10	25.7
11	25.5
12	26.3
13	28.4
14	24.4
15	26.3
16	25.7
17	28.2
18	26.7
19	24.8
20	26.1
21	24.1
22	24.8
23	25.8
24	24.9
25	27.1
26	27.1
27	26.3
28	25.1

Tabel 42. (lanjutan)

No. Benda Uji	Data Pengujian <i>Hammer Test</i>
29	25.7
30	25.7

c. Pengolahan Data Pengujian *Compression Test*

Pada pengujian *compression test* terdapat 2 pengolahan data pengujian, yaitu:

1) Pengolahan Data Pengujian *Compression Test* Diameter 3”

Pada penelitian ini, pengujian *compression test* dengan diameter 3” menggunakan 30 sampel benda uji dan dilakukan 1 kali pengujian setiap benda uji. Setelah dilakukan analisis dari data yang telah didapat sebelumnya dengan mengkonversikan dalam bentuk satuan MPa dan melakukan pengolahan data, ternyata terdapat 2 data yang tidak valid, yaitu data pengujian nomor 3 dan 16. Data yang tidak valid tersebut akan dihilangkan, sehingga data yang ada dapat digunakan untuk di-analisis lebih lanjut. Hasil yang diperoleh yaitu nilai Tsus minimum adalah 1,943 dan nilai Tsus maksimum adalah 2,040. Sedangkan nilai D maksimum adalah 2,369.

Tabel 43. Hasil Pengolahan Data Pengujian *Compression Test*
Diameter 3”

No. Benda Uji	Data Pengujian <i>Compression Test</i> (MPa)
1	35.016
2	39.105
4	37.175

Tabel 43. (lanjutan)

No. Benda Uji	Data Pengujian <i>Compression Test (MPa)</i>
5	47.239
6	33.508
7	37.243
8	40.979
9	33.478
10	38.926
11	31.987
12	37.163
13	36.372
14	43.804
15	37.360
17	46.839
18	38.502
19	41.796
20	31.311
21	35.489
22	36.512
23	35.424
24	46.639
25	32.488
26	42.362
27	37.152
28	42.829
29	34.576
30	27.949

2) Pengolahan Data Pengujian *Compression Test* Diameter 6”

Pada penelitian ini, pengujian *compression test* dengan diameter 6” menggunakan 30 sampel benda uji dan dilakukan 1 kali pengujian setiap benda uji. Setelah dilakukan analisis dari data yang telah didapat sebelumnya dengan mengkonversikan dalam bentuk satuan MPa dan melakukan pengolahan data,

ternyata terdapat 5 data yang tidak valid, yaitu data pengujian nomor 12,13, 19, 21, dan 27. Data yang tidak valid tersebut akan dihilangkan, sehingga data yang ada dapat digunakan untuk dianalisis lebih lanjut. Hasil yang diperoleh yaitu nilai Tsus minimum adalah 2,083 dan nilai Tsus maksimum adalah 2,063. Sedangkan nilai D maksimum adalah 2,326.

Tabel 44. Hasil Pengolahan Data Pengujian *Compression Test*

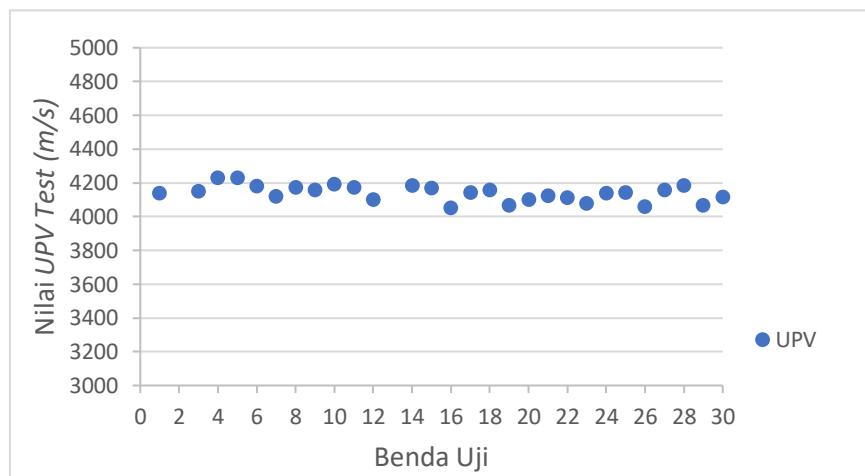
Diameter 6”

No. Benda Uji	Data Pengujian <i>Compression Test</i> (MPa)
1	33.757
2	33.328
3	30.149
4	33.869
5	33.219
6	31.235
7	32.846
8	32.698
9	31.762
10	31.163
11	32.501
14	33.218
15	33.402
16	30.159
17	29.334
18	30.647
20	30
22	27.892
23	32.879
24	29.581
25	34.281
26	33.516
28	35.868
29	30.209
30	29.980

3. Analisis Data Hasil Pengujian

Pada proses analisis data hasil pengujian, penelitian ini menggunakan metode analisa regresi. Hal ini dilakukan untuk mencari persamaan korelasi antara UPV *test*, *hammer test*, dan *compression test* dari hasil pengujian yang sudah dilakukan.

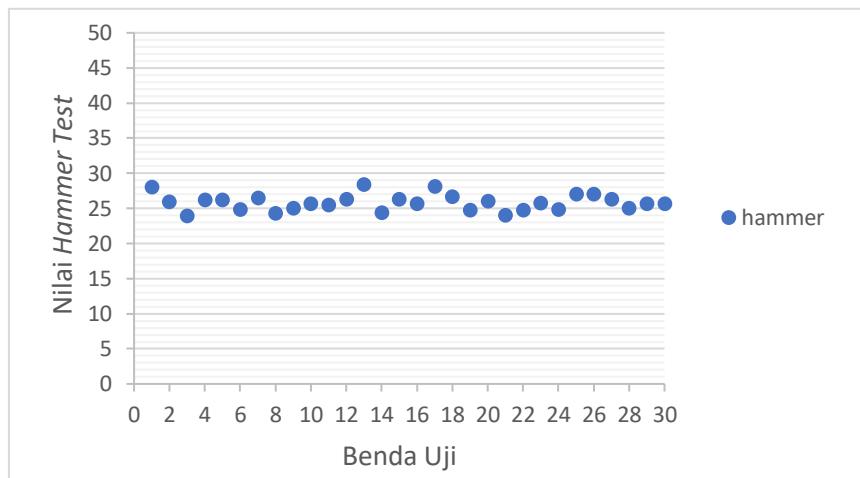
a. Pengujian UPV



Gambar 60. Pola Sebaran Hasil Pengujian UPV

Pada gambar di atas, dapat dilihat bahwa nilai UPV *test* tertinggi terdapat pada data benda uji nomor 4 dengan nilai cepat rambat gelombang 4230,6 m/s dan untuk nilai UPV *test* terendah terdapat pada data benda uji nomor 16 dengan nilai cepat rambat gelombang 4051,4 m/s. Nilai rerata dari semua nilai UPV *test* adalah 4136,467 m/s dengan nilai standar deviasi $\pm 45,94997$.

b. Pengujian *Hammer Test*

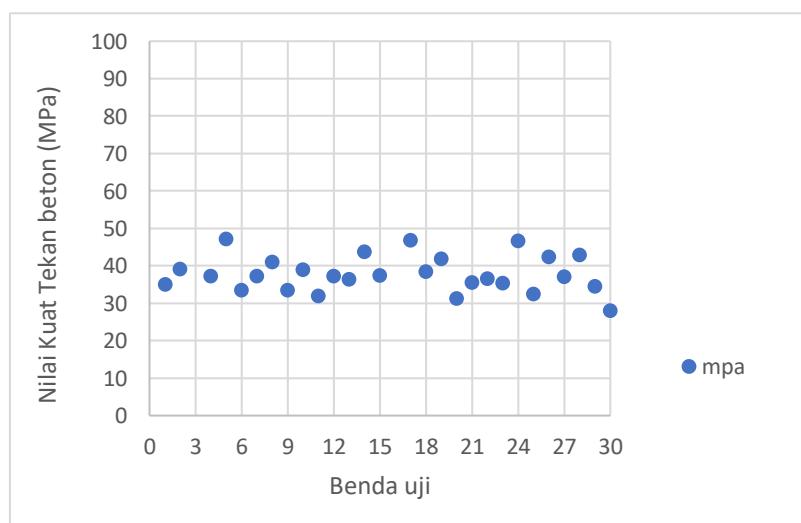


Gambar 61. Pola Sebaran Hasil Pengujian *Hammer Test*

Pada gambar di atas, dapat dilihat bahwa nilai *hammer test* tertinggi terdapat pada data benda uji nomor 13 dengan nilai angka pantul 28,4 dan untuk nilai *hammer test* terendah terdapat pada data benda uji nomor 3 dengan nilai angka pantul 24. Nilai rerata dari semua nilai *hammer test* adalah 25,867 dengan nilai standar deviasi $\pm 1,154103$.

c. Pengujian *Compression Test*

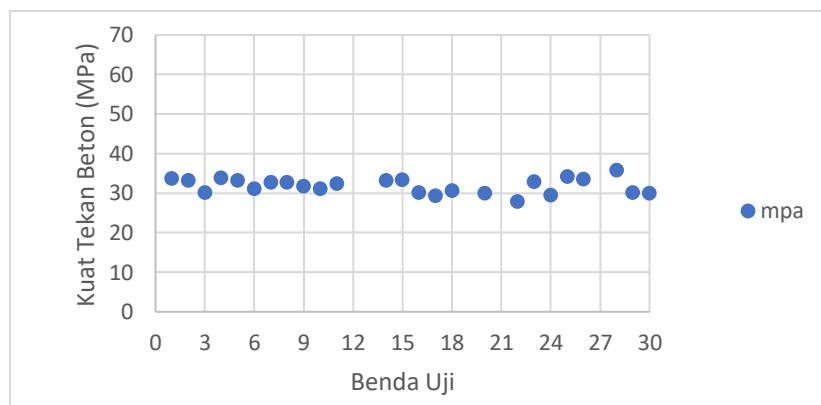
1) Pengujian *Compression Test Ø3"*



Gambar 62. Pola Sebaran Hasil Pengujian *Compression Test Ø3"*

Pada gambar di atas, dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan beton tertinggi terdapat pada data benda uji nomor 5 dengan nilai kuat tekan beton 47,239 MPa dan untuk nilai kuat tekan beton terendah terdapat pada data benda uji nomor 30 dengan nilai kuat tekan beton 27,949 MPa. Nilai rerata dari semua nilai kuat tekan beton adalah 37,829 MPa dengan nilai standar deviasi $\pm 4,843461$.

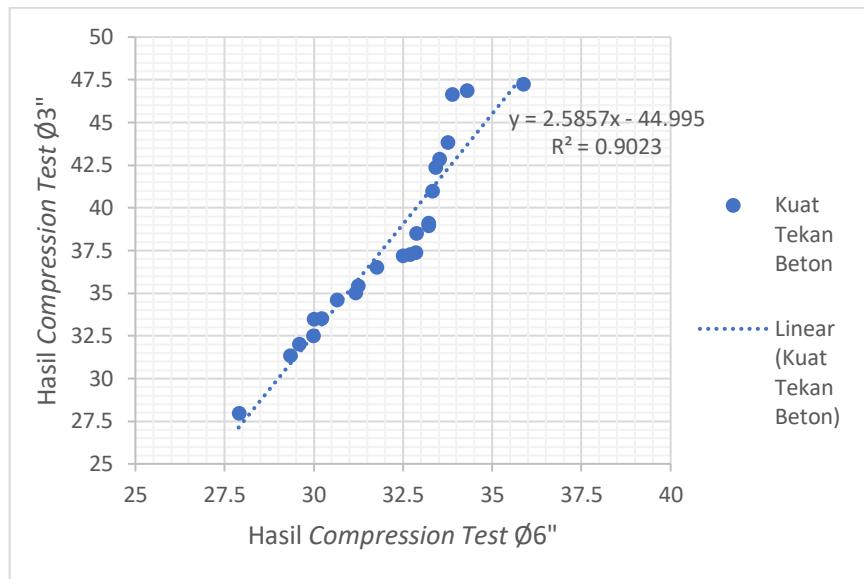
2) Pengujian *Compression Test Ø6"*



Gambar 63. Pola Sebaran Hasil Pengujian *Compression Test Ø6"*

Pada grafik di atas, dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan beton tertinggi terdapat pada data benda uji nomor 28 dengan nilai kuat tekan beton 35,868 MPa dan untuk nilai kuat tekan beton terendah terdapat pada data benda uji nomor 22 dengan nilai kuat tekan beton 27,892 MPa. Nilai rerata dari semua nilai kuat tekan beton adalah 31,9 MPa dengan nilai standar deviasi $\pm 1,923833$.

d. Hubungan Korelasi Nilai Kuat Tekan Beton Diameter 3" dan 6"



Gambar 64. Hubungan Korelasi Nilai Kuat Tekan Beton Diameter 3" dan 6"

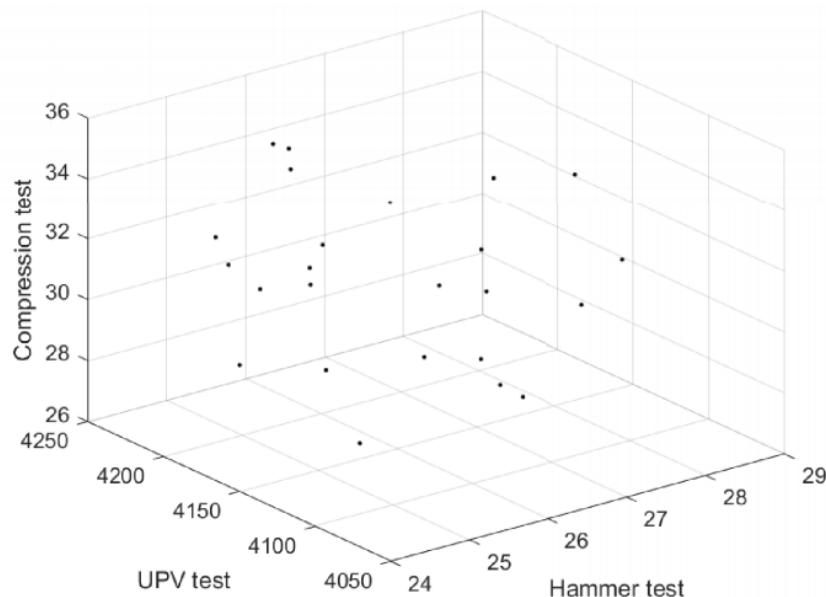
Pada gambar diatas, nilai kuat tekan beton diameter 3" dan 6" memiliki hubungan untuk setiap benda uji. Pada dimensi silinder diameter 3" menunjukkan nilai kuat tekan beton yang relatif lebih tinggi daripada dimensi silinder 6". Persamaan regresi yang didapatkan dari hubungan antara hasil compression test diameter 3" dan 6" adalah $Y = 2,5857X - 44,995$. Keterangan: X = Nilai Kuat Tekan Beton Diameter 3"; Y = Nilai Kuat Tekan Beton Diameter 6".

Dilihat dari persamaan regresi diatas maka dapat dikatakan bahwa setiap hasil nilai kuat tekan beton pada diameter 6 inci memiliki pengaruh 90,23% pada nilai kuat tekan beton pada diameter 3 inci dan sisanya yaitu 9,77% dipengaruhi oleh faktor lain dari luar.

Faktor lain yang dimaksud bisa dari perbedaan diameter dari benda uji beton karena beton yang memiliki diameter yang lebih kecil memiliki nilai kuat tekan beton yang relatif lebih tinggi dari

diameter yang lebih besar. Selain itu, perbedaan ini juga bisa dipengaruhi oleh pelaksana saat pengecoran.

e. Hubungan Antara Pengujian UPV, *Hammer Test*, dan *Compression Test*



Gambar 65. Grafik Hubungan Antara Pengujian UPV, *Hammer Test*, dan *Compression Test*

Pada gambar diatas, didapatkan hubungan antara pengujian UPV, *hammer test*, dan *compression test*. Pada penelitian ini, persamaan regresi didapatkan menggunakan *Microsoft Excel* dan untuk menggambarkan grafik tersebut menggunakan software MATLAB (*Matrix Laboratory*). Berdasarkan dari analisis diatas, dengan adanya grafik tersebut dapat menjadi acuan jika memiliki dua data pengujian yang nantinya dapat dicari lagi satu pengujian yang lain.

Persamaan regresi yang diperoleh dari hubungan antara pengujian UPV, *hammer test*, dan *compression test* pada mutu beton 25 MPa adalah sebagai berikut, $Y = -44,42541145 +$

$$X1*0,364325668 + X2*0,016144329. \text{ Keterangan : } Y = \\ Compression Test ; X1 = Hammer Test ; X2 = UPV Test.$$

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa terdapat beberapa macam metode dalam menentukan kekuatan beton. Pada pengujian *hammer test* didapatkan hasil angka pantul yang nantinya dapat dikonversikan kedalam nilai kuat tekan beton, sedangkan pada pengujian UPV didapatkan hasil cepat rambat gelombang yang nantinya juga bisa dikonversikan kedalam nilai kuat tekan beton.

Pada pengujian *compression test*, terdapat 2 macam benda uji, yaitu benda uji dengan diameter 3 inci dan diameter 6 inci. Untuk pengujian *compression test* diameter 3 inci hasil yang didapat nantinya bisa dibandingkan dengan hasil *compression test* pada diameter 6 inci.

Pada penelitian ini juga didapatkan hubungan antara pengujian UPV, *hammer test*, dan *compression test*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa bisa mendapatkan nilai kuat tekan beton jika terdapat beberapa pengujian lain, minimal 2 pengujian lain yang dicari.