

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Analisa Bahan**

##### **4.1.1 Semen**

Pada penelitian ini semen yang digunakan adalah semen portland tipe I yang diproduksi oleh PT. Semen Gresik kemasan 40 kg. Semen ini dianggap telah memenuhi syarat Standar Nasional Indonesia (SNI) sebagai bahan pengikat pada campuran beton sehingga tidak perlu dilakukan analisa. Sebelum penelitian, kemasan dipastikan dalam kondisi baik dan tersegel, serta tidak terjadi penggumpalan pada semen di dalamnya.

##### **4.1.2 Agregat**

Pada penelitian ini agregat yang digunakan adalah agregat kasar (kerikil) dan agregat halus (pasir). Agregat diperoleh dari daerah Malang dengan melalui tahap pengujian sebelum digunakan sebagai benda uji. Tahap pengujian meliputi gradasi, kadar air, dan berat jenis.

##### **4.1.3 Air**

Pada penelitian ini air yang digunakan adalah air bersih dari PDAM Kota Malang yang diambil dari Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang. Air ini dianggap telah memenuhi syarat sebagai bahan campuran beton sehingga tidak dilakukan analisa sebelumnya.

#### **4.2 Analisa Peralatan Penelitian**

Beberapa peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat untuk mempersiapkan material hingga proses pengujian benda uji pada akhirnya. Peralatan yang digunakan berada di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang.

##### **4.2.1 Saringan**

Penelitian ini menggunakan saringan No. 1,5” hingga No. 4 untuk menentukan gradasi agregat kasar (kerikil) serta saringan No. 4 hingga No. 200 untuk gradasi agregat halus (pasir).

#### **4.2.2 Timbangan**

Timbangan digunakan untuk mengukur berat bahan penyusun beton serta benda uji silinder dan kubus. Timbangan yang digunakan adalah timbangan dengan kapasitas 200 kg dengan ketelitian 10 gram dan timbangan dengan kapasitas 5 kg dengan ketelitian 0,1 gram.

#### **4.2.3 Mesin Pengaduk Beton**

Mesin ini digunakan untuk mengaduk campuran bahan-bahan beton hingga menjadi campuran yang homogen.

#### **4.2.4 Cetakan Benda Uji**

Penelitian ini menggunakan cetakan/bekisting untuk benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm serta cetakan untuk benda uji kubus dengan ukuran 15 x 15 x 15 cm. Cetakan terbuat dari baja yang dapat dibongkar pasang.

#### **4.2.5 Alat Uji Tekan**

Alat uji tekan digunakan untuk mengetahui kuat tekan dari benda uji beton sesungguhnya. Alat uji dalam penelitian ini adalah *Compression Test Machine*.

#### **4.2.6 UPV Test**

Penelitian ini menggunakan alat UPV dengan merk *Proceq tipe PL-200PE*. Alat UPV ini berfungsi untuk mengetahui waktu transmisi dan cepat rambat gelombang ultrasonik melalui benda uji beton.

#### **4.2.7 Hammer Test**

Penelitian ini menggunakan alat UPV dengan merk *Proceq*, ini berfungsi untuk menentukan nilai *rebound* yang dapat menunjukkan kuat tekan beton setelah di konversi melalui grafik atau tabel yang ada pada hammer beton sesuai sudut penembakan.

#### **4.2.8 Alat Bantu Lainnya**

Alat bantu lainnya antara lain ember, alat pengaduk, karung goni, pelumas, serta bak air untuk proses perawatan benda uji.

### 4.3 Hasil Pengujian Bahan Dasar

#### 4.3.1 Pemeriksaan Agregat Halus

##### 1. Analisa gradasi agregat halus

Tabel 4.1

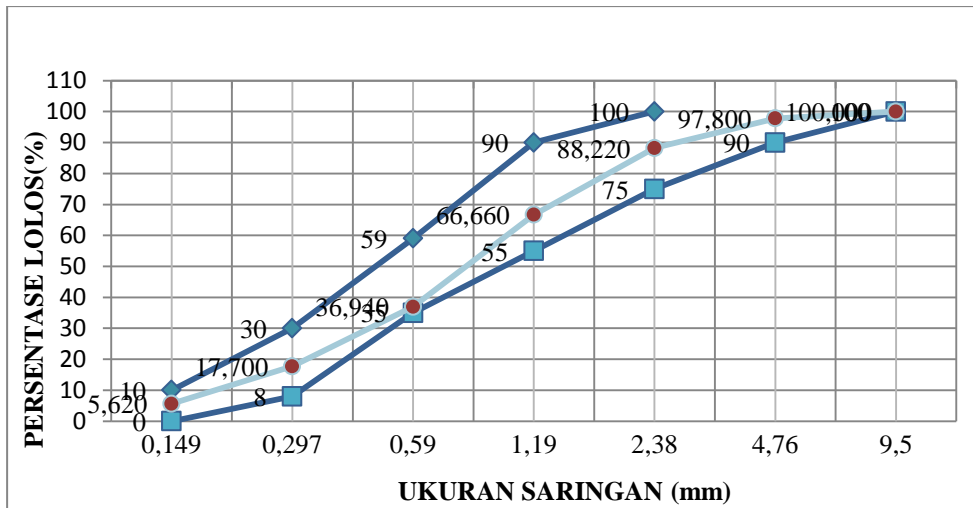
Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus

Lubang Saringan		Pasir Tertinggal		%Kumulatif	
no	Mm	gram	%	Tertinggal	Lolos
3"	76,2	-	-	-	-
2.5"	63,5	-	-	-	-
2"	50,8	-	-	-	-
1.5"	38,1	-	-	-	-
1"	25,4	-	-	-	-
3/4"	19,1	-	-	-	-
1/2"	12,7	-	-	-	-
3/8"	9,5	-	-	-	100
4	4,76	22	2,200	2,200	97,800
8	2,38	95,80	9,580	11,780	88,220
16	1,19	215,6	21,560	33,340	66,660
20	0,59	297,2	29,720	63,060	36,940
50	0,297	192,4	19,240	82,300	17,700
100	0,149	120,8	12,080	94,380	5,620
200	0,075	43,2	4,320	98,700	1,300
Pan		13	1,300	-	-
$\Sigma =$		1000	100	385,760	

Sumber: Hasil penelitian

$$\begin{aligned} \text{Modulus halus pasir} &= \frac{\Sigma \% \text{ yang tertahan ayakanno } 3/8'' \text{ sampai no } 100}{100} \\ &= \frac{287,06}{100} \\ &= 2,8706 \end{aligned}$$

Menurut SNI 03-2834-1993 tentang pembagian daerah pasir berdasarkan ukuran lolos saringan dari ASTM C 33-90 tentang penentuan modulus kehalusan. Dari gambar dan Tabel 4.1, didapatkan bahwa pasir yang digunakan termasuk ke dalam Zona 2 (pasir agak kasar) dan memiliki modulus kehalusan sebesar 2,8706.



Gambar 4.1 Grafik lengkung agregat halus zona 2

Sumber: Hasil Penelitian

## 2. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus

Tabel 4.2

Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Nomor Contoh		A
Berat benda uji kering permukaan jenuh	500 (gr)	500
Berat benda uji kering oven	Bk (gr)	488,9
Berat piknometer + air (pada suhu kamar)	B (gr)	666,3
Berat piknometer + benda uji (ssd) + air (pd suhu kamar)	Bt (gr)	977,4

Sumber: Hasil penelitian

Tabel 4.3

Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Nomor Contoh		B
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	$Bk/(B+500-Bt)$	2,588
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	$500/(B+500-Bt)$	2,647
Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity)	$Bk/(B+Bk-Bt)$	2,750
Penyerapan (%) (Absorption)	$(500-Bk)/Bk \times 100\%$	2,270

Sumber: Hasil penelitian

Berdasarkan pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus, maka didapatkan berat jenis kering permukaan jenuh pasir sebesar  $2,647 \text{ kg/m}^3$  dan penyerapan sebesar 2,270 %.

### 3. Pemeriksaan kadar air agregat halus

Tabel 4.4

Kadar Air Agregat Halus

Nomor Contoh			1	
Nomor Talam			A	B
1	Berat Talam + Contoh basah	(gr)	122,3	113,3
2	Berat Talam + Contoh kering	(gr)	121,3	113,2
3	Berat Air = (1)-(2)	(gr)	1	0,1
4	Berat Talam	(gr)	4	4,1
5	Berat Contoh Kering = (2)-(4)	(gr)	117,3	109,1
6	Kadar Air = (3)/(5)	(%)	0,85	0,09
7	Kadar Air rata-rata	(%)	0,47	

Sumber: Hasil penelitian

Berdasarkan pemeriksaan kadar air rata-rata pasir sebesar 0,47%. Untuk lebih lengkapnya mengenai analisa bahan agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 1.

#### 4.3.2 Pemeriksaan Agregat Kasar

##### 1. Analisa gradasi agregat kasar

Tabel 4.5

Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar

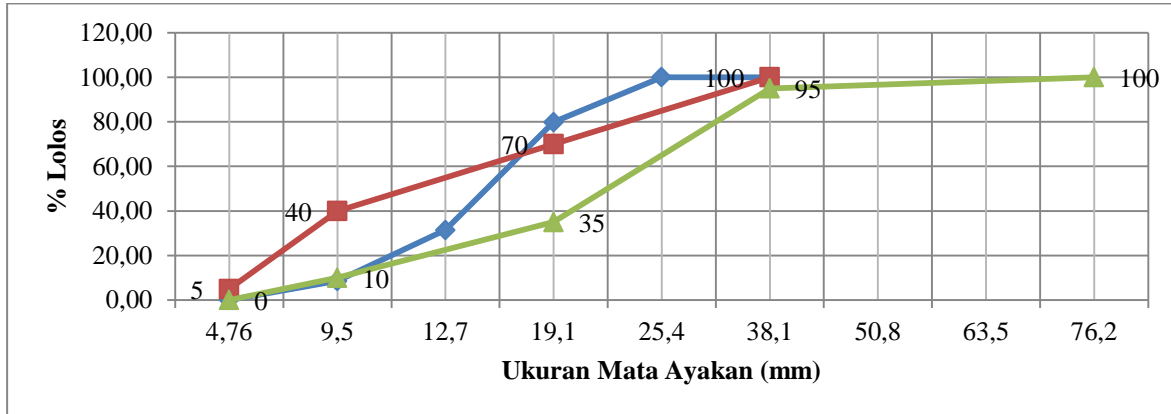
Lubang Saringan		Pasir			
No	Mm	Tertinggal		%Kumulatif	
		gram	%	Tertinggal	Lolos
3"	76,2	-	-	-	100
2.5"	63,5	-	-	-	100
2"	50,8	-	-	-	100
1.5"	38,1	-	-	-	100
1"	25,4	0	0,00	0,00	100,00
0.75"	19,1	2020	20,20	20,20	79,80
0.5"	12,7	4840	48,40	68,60	31,40
0.375"	9,5	2280	22,80	91,40	8,60
4	4,76	860	8,60	100,00	0,00
8	2,38	0	0,00	100,00	-
16	1,19	-	-	100,00	-
20	0,85	-	-	100,00	-
50	0,297	-	-	100,00	-
100	0,149	-	-	100,00	-
200	0,075	-	-	100,00	-
Pan		-	-	100,00	-
Σ =		10000	100,0	980,20	

Sumber: Hasil penelitian

$$\text{Modulus halus pasir} = \frac{\Sigma \% \text{ yang tertahan ayakan no } 3/4'' \text{ sampai no } 100}{100}$$

$$= \frac{780}{100} = 7,80$$

Menurut SNI 03-2834-1993 tentang pembagian daerah pasir berdasarkan ukuran lolos saringan dari ASTM C 33-90 tentang penentuan modulus kehalusan. Dari Gambar 4.2 dan Tabel 4.5, didapatkan bahwa pasir yang digunakan termasuk ke dalam Zona 3 (butiran maksimum 40 mm) dan memiliki modulus kehalusan sebesar 7,80.



Gambar 4.2 Grafik lengkung agregat kasar max 40 mm

Sumber: Hasil Penelitian

## 2. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Tabel 4.6

Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Nomor Contoh			A
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj	(gr)	5000
Berat benda uji kering oven	Bk	(gr)	4950
Berat benda uji dalam air	Ba	(gr)	3157
Nomor Contoh			B
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	Bk/(Bj-Ba)		2,686
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	Bj/(Bj-Ba)		2,713
Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity)	Bk/(Bk-Ba)		2,761
Penyerapan (%) (Absorption)	(Bj-Bk)/Bkx100%		1,010

Sumber: Hasil penelitian

Berdasarkan pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus, maka didapatkan berat jenis kering permukaan jenuh pasir sebesar  $2,713 \text{ kg/m}^3$  dan penyerapan sebesar 1,010%.

### 3. Pemeriksaan kadar air agregat kasar

Tabel 4.7

Kadar Air Agregat Kasar

Nomor Contoh			1	
Nomor Talam			A	B
1	Berat Talam + Contoh basah	(gr)	96,2	99,2
2	Berat Talam + Contoh kering	(gr)	91,3	94
3	Berat Air = (1)-(2)	(gr)	4,9	5,2
4	Berat Talam	(gr)	4,1	4,2
5	Berat Contoh Kering = (2)-(4)	(gr)	87,2	89,8
6	Kadar Air = (3)/(5)	(%)	5,62	5,8
7	Kadar Air rata-rata	(%)	5,70	

Sumber: Hasil penelitian

Berdasarkan pemeriksaan kadar air rata-rata pasir sebesar 5,70%. Untuk lebih lengkapnya mengenai analisa bahan agregat kasar dapat dilihat pada Lampiran 2.

#### 4.3.3 Campuran Beton

Perhitungan campuran beton bertujuan untuk mendapatkan proporsi perbandingan tiap campuran beton agar mencapai kuat tekan yang direncanakan. Perhitungan ini mengacu pada buku pedoman tata cara campuran beton laboratorium struktur dan konstruksi Universitas Brawijaya yang berpedoman pada SNI 03-2834-2000. Pada penelitian ini kuat tekan beton yang direncanakan adalah 20 Mpa, 25 Mpa, 30 Mpa dan 35 Mpa. Untuk lebih lengkapnya mengenai perhitungan *mix desain* dapat dilihat pada Lampiran 3.

### 4.4 Hasil Pengujian

#### 4.4.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian dilakukan pada seluruh benda uji, baik benda uji berbentuk silinder maupun kubus. Pengujian tekan menggunakan *Compression Test Machine* bertujuan untuk mendapatkan beban maksimum yang dapat ditahan oleh benda uji, sehingga dapat dihitung kuat tekan dari beton tersebut. Pengujian ini dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Sampel yang digunakan dalam pengujian ini adalah sampel yang berbentuk silinder dan kubus. Dimensi untuk benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, sedangkan benda uji berbentuk kubus berukuran 15 x 15 cm. Pengujian ini dilakukan di laboratorium Struktur dan konstruksi Universitas Brawijaya Malang.

Berdasarkan pengujian kuat tekan beton, didapatkan beban maksimum yang dapat diterima oleh benda uji. Beban tersebut selanjutnya akan dikonversi menjadi kuat tekan dengan rumus (4-1) sebagai berikut.

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(4-1)$$

Dengan:

$f'_c$  = Kuat Tekan (Mpa)

P = Beban Maksimum (N)

A = Luas Bidang Tekan ( $\text{mm}^2$ )

Beton diuji pada umur 28 hari sehingga tidak dibutuhkan faktor koreksi umur beton. Hasil pengujian kuat tekan beton dibedakan berdasarkan bentuk benda uji dan mutu beton yang disajikan dalam data dibawah ini.

1. Hasil uji kuat tekan beton dengan menggunakan benda uji berbentuk silinder

Benda uji berbentuk silinder (diameter 15 cm dan tinggi 30 cm) terdiri dari 36 buah dengan perbedaan variasi mutu beton. Digunakan 4 variasi mutu beton yaitu 20 Mpa, 25 Mpa, 30 Mpa dan 35 Mpa dengan masing-masing variasi terdiri dari 9 buah benda uji. Hasil pengujian uji kuat tekan beton (*compression test*) disajikan dalam Tabel 4.8.

Contoh perhitungan:

Benda uji : C.I

Diameter : 15 cm

Beban maks. : 380 kN = 380000 N

Luas :  $A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 15^2 = 176,786 \text{ cm}^2 = 17678,6 \text{ mm}^2$

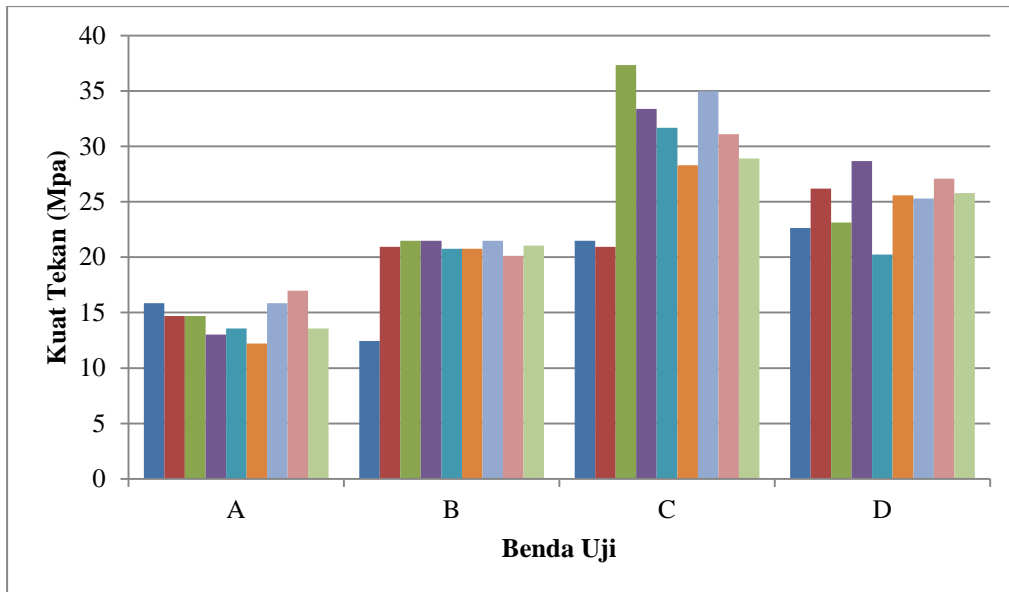
Maka kuat tekan benda uji:  $f'_c = \frac{380000}{17678,6} = 21,49 \text{ MPa}$



Tabel 4.8  
Hasil Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder

Variasi	Kode	Berat (kg)	Berat isi (kg/m <sup>3</sup> )	Luas Alas Silinder (mm <sup>2</sup> )	Beban (N)	f'c (Mpa)	Rata-Rata (Mpa)
20 Mpa (A)	I	13	2451,18	17678,57	280000	15,84	14,49
	II	13,15	2479,46		260000	14,71	
	III	12,8	2413,47		260000	14,71	
	IV	12,8	2413,47		230000	13,01	
	V	12,9	2432,32		240000	13,58	
	VI	13	2451,18		216000	12,22	
	VII	12,9	2432,32		280000	15,84	
	VIII	12,85	2422,90		300000	16,97	
	IX	12,55	2366,33		240000	13,58	
25 Mpa (B)	I	13	2451,18	17678,57	220000	12,44	20,06
	II	13	2451,18		370000	20,93	
	III	13,15	2479,46		380000	21,49	
	IV	13,05	2460,61		380000	21,49	
	V	13	2451,18		367000	20,76	
	VI	13,05	2460,61		367000	20,76	
	VII	12,95	2441,75		380000	21,49	
	VIII	12,9	2432,32		356000	20,14	
	IX	12,95	2441,75		372000	21,04	
30 Mpa (C)	I	13,2	2488,89	17678,57	380000	21,49	29,78
	II	13,3	2507,74		370000	20,93	
	III	13,25	2498,32		660000	37,33	
	IV	13,2	2488,89		590000	33,37	
	V	13,25	2498,32		560000	31,68	
	VI	13,35	2517,17		500000	28,28	
	VII	13,35	2517,17		618000	34,96	
	VIII	13,1	2470,03		550000	31,11	
	IX	13,1	2470,03		511000	28,91	
35 Mpa (D)	I	13,1	2470,03	17678,57	400000	22,63	24,96
	II	13,2	2488,89		463000	26,19	
	III	13,05	2460,61		409000	23,14	
	IV	13,15	2479,46		507000	28,68	
	V	13,1	2470,03		358000	20,25	
	VI	13,05	2460,61		452000	25,57	
	VII	13,1	2470,03		447000	25,28	
	VIII	13,15	2479,46		479000	27,09	
	IX	13,05	2460,61		456000	25,79	

Sumber: Hasil penelitian



Gambar 4.3 Diagram kuat tekan beton berbentuk silinder dengan uji kuat tekan  
Sumber: Hasil penelitian

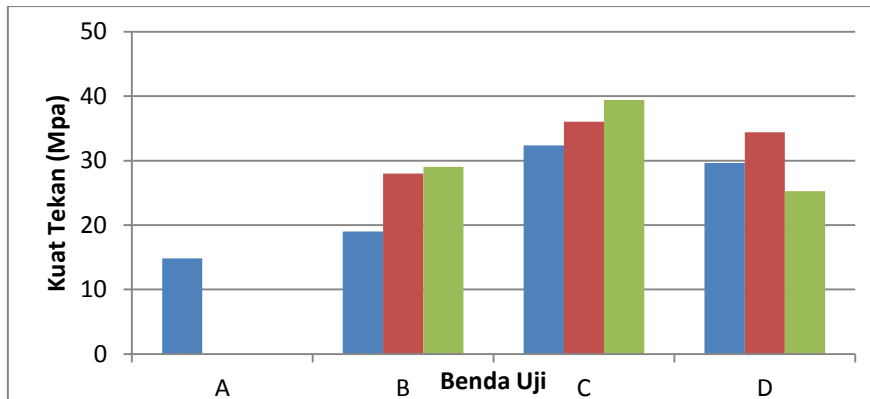
## 2. Hasil uji kuat tekan beton dengan benda uji kubus.

Benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm, terdiri dari 10 buah dengan perbedaan variasi mutu beton. Digunakan 4 variasi mutu beton yaitu 20 Mpa, 25 Mpa, 30 Mpa dan 35 Mpa. Hasil uji kuat tekan beton disajikan dalam Tabel 4.9.

Tabel 4.9  
Hasil Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Kubus

Variasi	Kode	Berat (kg)	Berat isi (kg/m <sup>3</sup> )	Luas Alas Kubus (mm <sup>2</sup> )	Beban (N)	f'c (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
20 Mpa (A)	I	8,2	2429,63	22500	402000	14,83	14,83
25 Mpa (B)	I	8,1	2400,00	22500	515000	19,00	25,34
	II	8,8	2607,41		759000	28,00	
	III	8,25	2444,44		787000	29,03	
30 Mpa (C)	I	8,3	2459,26	22500	878000	32,39	35,95
	II	8,95	2651,85		977000	36,04	
	III	8,4	2488,89		1069000	39,43	
35 Mpa (D)	I	8,25	2444,44	22500	804000	29,66	29,78
	II	9,1	2696,30		933000	34,42	
	III	8,3	2459,26		685000	25,27	

Sumber: Hasil penelitian



Gambar 4.4 Diagram kuat tekan beton berbentuk kubus dengan uji kuat tekan  
Sumber: Hasil penelitian

Dari hasil pengujian kuat tekan beton pada tabel 4.8 dan tabel 4.9 menunjukkan bahwa kuat tekan beton aktual sebagian besar lebih kecil dari kuat tekan rencana, dapat disebabkan oleh proses pengerjaan beton yang kurang sempurna baik pada saat pengadukan hingga proses vibrasi. Selain itu didapatkan bahwa kuat tekan rata-rata untuk campuran benda uji D lebih kecil dari benda uji C. Hal ini disebabkan karena material kerikil yang digunakan pada campuran D tercampur dengan kerikil yang lebih ringan (berat isi lebih kecil dari seharusnya), terlihat pada data tersebut berat isi sampel D relatif lebih kecil dari sampel C yang menunjukkan bahwa kerapatannya juga lebih kecil. Sehingga dalam proporsi berat yang sama, volume kerikil dalam campuran menjadi lebih besar dari yang direncanakan dan dapat mengurangi kekuatan dari beton.

#### 4.4.2 Hasil Pengujian *Hammer Test Digital*

Pada pengujian *hammer test* dilakukan menggunakan alat *Silver Schmidt Hammer* dari PROCEQ yang bertujuan untuk mendapatkan kuat tekan beton. Hasil output dari pengujian *hammer test* ini berupa nilai *rebound*, nilai *rebound* ini dipengaruhi oleh sifat beton yang berada didekat *plunger*. Apabila *plunger* diletakkan di atas bidang permukaan beton yang keras maka pembacaan nilai *rebound* yang dihasilkan akan tinggi, sedangkan apabila *plunger* diletakkan di atas bidang permukaan beton yang lunak dan memiliki rongga udara yang besar maka pembacaan nilai *rebound* yang dihasilkan akan rendah. Dalam mengatasi hal tersebut, maka disyaratkan pengambilan nilai *rebound* tersebut dilakukan sebanyak 10 kali dengan jarak pengambilan nilai sejauh 2,5 cm untuk tiap tembakan. Secara umum alat ini berguna untuk memeriksa keseragaman kualitas beton dan mendapatkan perkiraan kuat tekan beton pada suatu struktur bangunan.

Berdasarkan pengujian *hammer*, didapatkan nilai *rebound* (*R-value*) yang secara otomatis dikonversi oleh alat itu sendiri menjadi satuan pengukuran yang diinginkan. Pada

penelitian ini didapatkan nilai mutu beton (K) dengan satuan ( $\text{kg/cm}^2$ ) untuk setiap pembacaan. Untuk mendapatkan nilai kuat tekan ( $f'c$ ), nilai mutu beton ini (K) harus dikalikan 0,083 sebagai faktor pengalinya. Hasil pengujian *hammer* disajikan dalam 2 tabel, tabel 4.10 untuk benda uji berbentuk kubus dan tabel 4.11 untuk benda uji berbentuk silinder.

Contoh perhitungan:

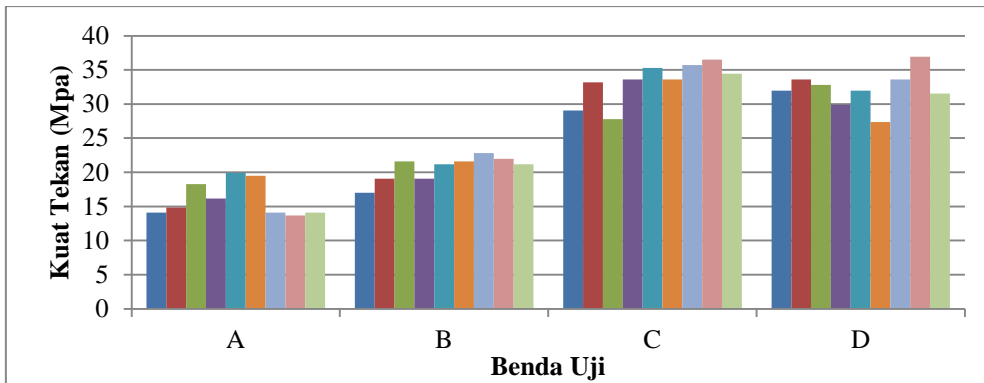
Benda Uji : A.I (Mutu Beton (K) =  $170 \text{ kg/cm}^2$ )

Mutu Beton ( $f'c$ ) :  $K \times 0,083 = 170 \times 0,083 = 14,11 \text{ Mpa}$

Tabel 4.10  
Hasil Pengujian *Hammer Test* Benda Uji Silinder

Variasi	Sampel	Kode pada alat	K ( $\text{kg/cm}^2$ )	$f'c$ (Mpa)	Rata-Rata (Mpa)
20 Mpa (A)	I	9461	170	14,11	16,08
	II	9481	179	14,86	
	III	9471	220	18,26	
	IV	4349	195	16,19	
	V	4139	240	19,92	
	VI	4171	235	19,51	
	VII	4201	170	14,11	
	VIII	4249	165	13,70	
	IX	4191	170	14,11	
25 Mpa (B)	I	9491	205	17,02	20,61
	II	9501	230	19,09	
	III	9511	260	21,58	
	IV	4309	230	19,09	
	V	4259	255	21,17	
	VI	4279	260	21,58	
	VII	4329	275	22,83	
	VIII	4299	265	22,00	
	IX	4289	255	21,17	
30 Mpa (C)	I	4049	350	29,05	33,25
	II	4009	400	33,20	
	III	4059	335	27,81	
	IV	4409	405	33,62	
	V	4369	425	35,28	
	VI	4439	405	33,62	
	VII	4399	430	35,69	
	VIII	4419	440	36,52	
	IX	4459	415	34,45	
35 Mpa (D)	I	4099	385	31,96	32,19
	II	4119	405	33,62	
	III	4069	395	32,79	
	IV	4509	360	29,88	
	V	4479	385	31,96	
	VI	4519	330	27,39	
	VII	4489	405	33,62	
	VIII	4569	445	36,94	
	IX	4539	380	31,54	

Sumber: Hasil Penelitian



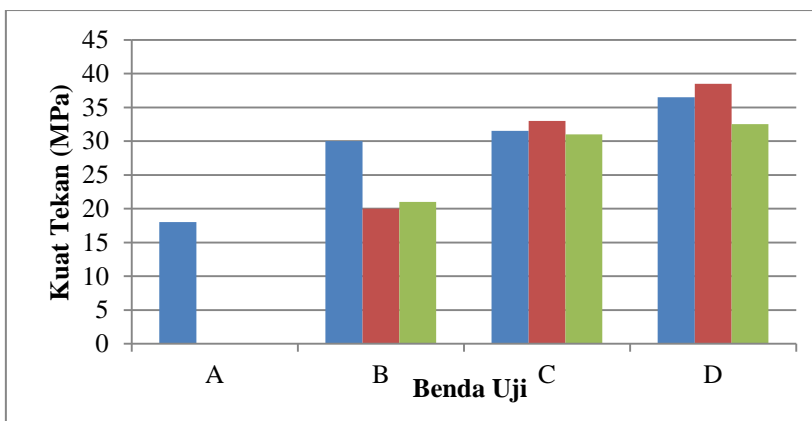
Gambar 4.5 Diagram kuat tekan beton berbentuk silinder dengan uji *hammer test*  
Sumber: Hasil Penelitian

Tabel 4.11

Hasil Pengujian *Hammer Test* Benda Uji Kubus

Variasi	Kode	Kode pada alat	K (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (Mpa)	Rata-Rata (Mpa)
20 Mpa (A)	I	4609	180	18,00	18,00
25 Mpa (B)	I	4619	300	30,00	23,67
	II	4629	200	20,00	
	III	4651	210	21,00	
30 Mpa (C)	I	4691	315	31,50	31,83
	II	4681	330	33,00	
	III	4721	310	31,00	
35 Mpa (D)	I	4772	365	36,50	35,83
	II	4762	385	38,50	
	III	4793	325	32,50	

Sumber : Hasil Penelitian



Gambar 4.6 Diagram kuat tekan beton berbentuk kubus dengan uji *hammer test*  
Sumber: Hasil Penelitian

#### 4.4.3 Hasil Pengujian *UPV Test*

Pengujian UPV dilakukan pada benda uji yang berbentuk silinder dan kubus, yang terdiri dari 4 variasi kuat tekan dengan jumlah benda uji yaitu 36 untuk benda uji silinder dan 10 untuk benda uji kubus. Pengukuran UPV dilakukan dengan meletakkan transducer UPV pada jarak tertentu. Pengambilan data dilakukan pada area lokasi yang sudah ditetapkan sesuai dengan metode penelitian. Hasil pengukuran UPV berupa kecepatan rambat gelombang. Hasil pengukuran UPV dapat disajikan dalam 2 tabel, tabel 4.12 untuk benda uji berbentuk silinder dan tabel 4.13 untuk benda uji berbentuk kubus.

Tabel 4.12

Hasil Pengujian *UPV Test* Benda Uji Silinder

Variasi	Sampel	UPV (m/s)	Rata-rata (m/s)	Variasi	Sampel	UPV (m/s)	Rata-Rata (m/s)
20 Mpa (A)	I	4260	4240	30 Mpa (C)	I	4518	4625
	II	4084			II	4700	
	III	4270			III	4659	
	IV	4304			IV	4587	
	V	4231			V	4622	
	VI	4225			VI	4552	
	VII	4184			VII	4666	
	VIII	4261			VIII	4673	
	IX	4342			IX	4651	
25 Mpa (B)	I	4340	4373	35 Mpa (D)	I	4493	4457
	II	4298			II	4425	
	III	4401			III	4445	
	IV	4348			IV	4505	
	V	4373			V	4464	
	VI	4354			VI	4478	
	VII	4471			VII	4380	
	VIII	4471			VIII	4471	
	IX	4304			IX	4451	

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel 4.13

Hasil Pengujian *UPV Test* Benda Uji Kubus

Variasi	Sampel	UPV (m/s)	Rata-rata (m/s)
20 Mpa (A)	I	4545	4545
25 Mpa (B)	I	4249	4474
	II	4559	
	III	4615	
30 Mpa (C)	I	4717	4707
	II	4717	
	III	4688	
35 Mpa (D)	I	4717	4659
	II	4702	
	III	4559	

Sumber: Hasil Penelitian

Dari tabel 4.12 dan tabel 4.13 dapat diketahui bahwa nilai cepat rambat gelombang yang didapatkan dari pengujian *UPV test* secara keseluruhan dapat dikatakan baik yang di mana mengacu pada tabel kualifikasi kualitas beton berdasarkan cepat rambat gelombang (tabel 2.3) menyebutkan bahwa apabila nilai cepat rambat gelombang berkisar 3,5 – 4,5 km/s maka kualitas beton yang diuji dapat dikatakan baik. Sedangkan nilai cepat rambat gelombang bernilai lebih dari 4,5 km/s maka kualitas beton yang diuji dapat dikatakan sangat baik.

#### 4.5 Pembahasan

Dari hasil pengujian yang dilakukan, dapat dilihat perbedaan pembacaan nilai kuat tekan beton dengan menggunakan pengujian hammer test, *UPV test* dan uji kuat tekan beton. Perbedaan nilai kuat tekan beton ini disajikan dalam tabel 4.14

Tabel 4.14

Perbedaan Nilai Kuat Tekan Beton Pada Benda Uji Silinder Dan Kubus

Pembacaan Nilai Kuat Tekan Beton Benda Uji Silinder						
Variasi	Sampel	Berat (kg)	Berat isi (kg/m <sup>3</sup> )	<i>Compressive Test</i> (Mpa)	<i>Hammer Test</i> (Mpa)	<i>UPV Test</i> (m/s)
20 Mpa (A)	I	13	2451,18	15,84	14,11	4260
	II	13,15	2479,46	14,71	14,86	4084
	III	12,8	2413,47	14,71	18,26	4270
	IV	12,8	2413,47	13,01	16,19	4304
	V	12,9	2432,32	13,58	19,92	4231
	VI	13	2451,18	12,22	19,51	4225
	VII	12,9	2432,32	15,84	14,11	4184
	VIII	12,85	2422,90	16,97	13,70	4261
	IX	12,55	2366,33	13,58	14,11	4342
25 Mpa (B)	I	13	2451,18	12,44	17,02	4340
	II	13	2451,18	20,93	19,09	4298
	III	13,15	2479,46	21,49	21,58	4401
	IV	13,05	2460,61	21,49	19,09	4348
	V	13	2451,18	20,76	21,17	4373
	VI	13,05	2460,61	20,76	21,58	4354
	VII	12,95	2441,75	21,49	22,83	4471
	VIII	12,9	2432,32	20,14	22,00	4471
	IX	12,95	2441,75	21,04	21,17	4304
30 Mpa(C)	I	13,2	2488,89	21,49	29,05	4518
	II	13,3	2507,74	20,93	33,20	4700
	III	13,25	2498,32	37,33	27,81	4659
	IV	13,2	2488,89	33,37	33,62	4587
	V	13,25	2498,32	31,68	35,28	4622
	VI	13,35	2517,17	28,28	33,62	4552
	VII	13,35	2517,17	34,96	35,69	4666
	VIII	13,1	2470,03	31,11	36,52	4673
	IX	13,1	2470,03	28,91	34,45	4651

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel 4.14  
Perbedaan Nilai Kuat Tekan Beton Pada Benda Uji Silinder Dan Kubus

Pembacaan Nilai Kuat Tekan Beton Benda Uji Silinder						
Variasi	Sampel	Berat (kg)	Berat isi (kg/m <sup>3</sup> )	Compressive Test (Mpa)	Hammer Test (Mpa)	UPV Test (m/s)
35 Mpa (D)	I	13,1	2470,03	22,63	31,96	4493
	II	13,2	2488,89	26,19	33,62	4425
	III	13,05	2460,61	23,14	32,79	4445
	IV	13,15	2479,46	28,68	29,88	4505
	V	13,1	2470,03	20,25	31,96	4464
	VI	13,05	2460,61	25,57	27,39	4478
	VII	13,1	2470,03	25,28	33,62	4380
	VIII	13,15	2479,46	27,09	36,94	4471
	IX	13,05	2460,61	25,79	31,54	4451
Pembacaan Nilai Kuat Tekan Beton Benda Uji Kubus						
Variasi	Sampel	Berat (kg)	Berat isi (kg/m <sup>3</sup> )	Compressive Test (Mpa)	Hammer Test (Mpa)	UPV Test (m/s)
20 Mpa (A)	I	8,2	2429,63	14,83	18,00	4545
25 Mpa (B)	I	8,1	2400	19,00	30,00	4249
	II	8,8	2607,41	28,00	20,00	4559
	III	8,25	2444,44	29,03	21,00	4615
30 Mpa (C)	I	8,3	2459,26	32,39	31,50	4717
	II	8,95	2651,85	36,04	33,00	4717
	III	8,4	2488,89	39,43	31,00	4688
35 Mpa (D)	I	8,25	2444,44	29,66	36,50	4717
	II	9,1	2696,3	34,42	38,50	4702
	III	8,3	2459,26	25,27	32,50	4559

Sumber: Hasil penelitian

Dari Tabel 4.14 di atas dapat diketahui bahwa beton dengan satu campuran (*mix design*) yang sama dapat menghasilkan kuat tekan yang berbeda, dan sebagian besar kurang dari kuat tekan beton yang direncanakan. Perbedaan tersebut menunjukkan adanya perbedaan kualitas/mutu dari suatu benda uji yang disebabkan oleh perbedaan kerapatan dari masing-masing benda uji yang dipengaruhi oleh komposisi dan susunan dari bahan-bahan penyusun beton. Kualitas dari beton tersebut sangat bergantung pada kualitas pengerjaan, mulai dari pencampuran bahan hingga pembuatan benda uji. Oleh karena itu yang dipakai dalam analisa pada penelitian ini adalah kuat tekan aktual dari masing-masing benda uji.

Selain itu diketahui pula bahwa terdapat perbedaan pembacaan nilai kuat tekan beton menggunakan pengujian *non-destructive test* dan *destructive test*. Perbedaan tersebut adalah perbedaan output nilai kuat tekan beton yang dihasilkan oleh masing-masing pengujian (perbedaan satuan kuat tekan beton). Untuk pengujian *compression test* dan *hammer test* nilai kuat tekan memiliki satuan berupa satuan tekanan yaitu megapascal



(Mpa atau N/mm<sup>2</sup>), sedangkan untuk pengujian UPV test nilai kuat tekan beton memiliki satuan berupa satuan kecepatan (m/s) yang di mana semakin besar kuat tekan beton yang diperoleh, maka semakin cepat gelombang yang dapat merambat pada beton tersebut. Hal ini disebabkan perbedaan kerapatan dari masing-masing benda uji yang dipengaruhi oleh komposisi dan susunan dari bahan-bahan penyusun beton itu sendiri.

Dengan adanya perbedaan nilai kuat tekan beton dari pengujian *non-destructive test* dan *destructive test*, maka analisa hasil pengujian dilakukan dengan menggunakan analisa regresi. Hal ini dilakukan untuk mencari persamaan korelasi antara *hammer test*, *UPV test* dan uji kuat tekan beton dari hasil pengujian yang telah dilakukan.

#### 4.5.1 Kesalahan Relatif Pengukuran Kuat Tekan Beton

Adanya perbedaan hasil kuat tekan beton yang dihasilkan oleh uji *compression test* dan *hammer test* terhadap kuat tekan yang direncanakan dapat ditunjukkan dengan adanya persentase kesalahan relatif. Persentase kesalahan relatif didapatkan dengan menggunakan persamaan (3-1) serta hasil persentase ditunjukkan pada tabel 4.15.

$$KR = \left| \frac{X_1 - X_2}{X_1} \right| \times 100\%$$

Dengan:  $X_1$  = nilai kuat tekan beton yang direncanakan

$X_2$  = nilai kuat tekan beton yang dari pengujian (*compression test* dan *hammer test*)

Contoh perhitungan:

Benda Uji : A.I

Mutu Beton direncanakan : 20 Mpa

Pembacaan *compression test* : 15,84 Mpa

$$KR = \left| \frac{20 - 15,84}{20} \right| \times 100\% = 20,8 \%$$

Tabel 4.15  
Perhitungan Kesalahan Relatif Nilai Kuat Tekan Beton Yang Direncanakan Dengan Hasil Pengujian

Pembacaan Nilai Kuat Tekan Beton Benda Uji Silinder							
Variasi	Sampel	<i>Compressive Test</i> (Mpa)	<i>Hammer Test</i> (Mpa)	Kesalahan Relatif (KR)		KR rata-rata	
				CT (%)	HT (%)	CT (%)	HT (%)
20 Mpa (A)	I	15,84	14,11	20,81	29,45	28,37	18,35
	II	14,71	14,86	26,46	25,72		
	III	14,71	18,26	26,46	8,70		
	IV	13,01	16,19	34,95	19,08		
	V	13,58	19,92	32,12	0,40		
	VI	12,22	19,51	38,91	2,47		
	VII	15,84	14,11	20,81	29,45		
	VIII	16,97	13,70	15,15	31,53		
	IX	13,58	14,11	32,12	29,45		
25 Mpa (B)	I	12,44	17,02	50,22	31,94	15,94	15,76
	II	20,93	19,09	16,28	23,64		
	III	21,49	21,58	14,02	13,68		
	IV	21,49	19,09	14,02	23,64		
	V	20,76	21,17	16,96	15,34		
	VI	20,76	21,58	16,96	13,68		
	VII	21,49	22,83	14,02	8,70		
	VIII	20,14	22,00	19,45	12,02		
	IX	21,04	21,17	15,83	15,34		
30 Mpa (C)	I	21,49	29,05	28,35	3,17	12,64	14,40
	II	20,93	33,20	30,24	10,67		
	III	37,33	27,81	24,44	7,32		
	IV	33,37	33,62	11,25	12,05		
	V	31,68	35,28	5,59	17,58		
	VI	28,28	33,62	5,72	12,05		
	VII	34,96	35,69	16,53	18,97		
	VIII	31,11	36,52	3,70	21,73		
	IX	28,91	34,45	3,65	14,82		

CT = *Compression test* ; HT = *Hammer Test*

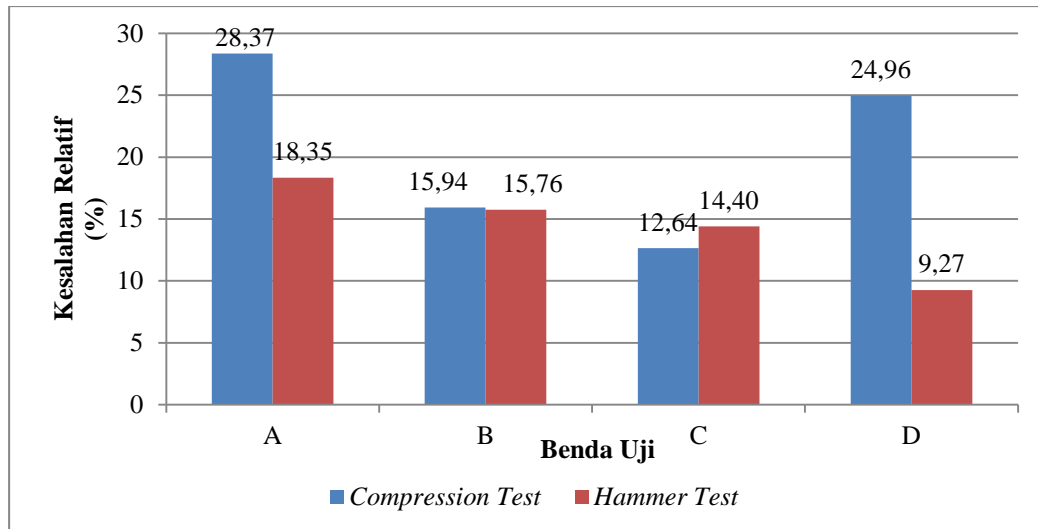
Sumber : Hasil penelitian

Tabel 4.15  
Perhitungan Kesalahan Relatif Nilai Kuat Tekan Beton Yang Direncanakan Dengan Hasil Pengujian

Pembacaan Nilai Kuat Tekan Beton Benda Uji Silinder							
Variasi	Sampel	Compressive Test (Mpa)	Hammer Test (Mpa)	Kesalahan Relatif (KR)		KR rata-rata	
				CT (%)	HT (%)	CT (%)	HT (%)
35 Mpa (D)	I	22,63	31,96	35,35	8,70	28,69	9,27
	II	26,19	33,62	25,17	3,96		
	III	23,14	32,79	33,90	6,33		
	IV	28,68	29,88	18,06	14,63		
	V	20,25	31,96	42,14	8,70		
	VI	25,57	27,39	26,95	21,74		
	VII	25,28	33,62	27,76	3,96		
	VIII	27,09	36,94	22,59	5,53		
	IX	25,79	31,54	26,30	9,89		
Pembacaan Nilai Kuat Tekan Beton Benda Uji Kubus							
Variasi	Sampel	Compressive Test (Mpa)	Hammer Test (Mpa)	Kesalahan Relatif (KR)		KR rata-rata	
				CT (%)	HT (%)	CT (%)	HT (%)
20 Mpa (A)	I	14,83	18,00	25,85	10	25,85	10
25 Mpa (B)	I	19,00	30,00	24,01	20	17,38	18,67
	II	28,00	20,00	11,99	20		
	III	29,03	21,00	16,13	16		
30 Mpa (C)	I	32,39	31,50	7,96	5	19,85	6,11
	II	36,04	33,00	20,13	10		
	III	39,43	31,00	31,45	3,33		
35 Mpa (D)	I	29,66	36,50	15,26	4,29	14,91	7,14
	II	34,42	38,50	1,66	10		
	III	25,27	32,50	27,80	7,14		

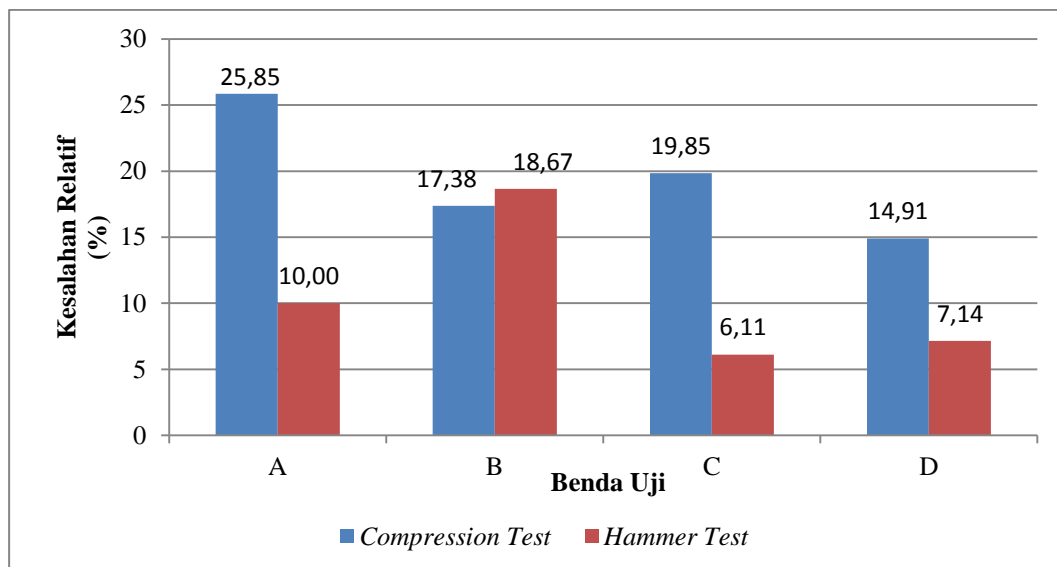
CT = Compression test ; HT = Hammer Test

Sumber : Hasil penelitian



Gambar 4.7 Diagram perbandingan persentase kesalahan relatif antara kuat tekan yang direncanakan dengan hasil dari pengujian benda uji silinder

Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 4.8 Diagram perbandingan persentase kesalahan relatif antara kuat tekan yang direncanakan dengan hasil dari pengujian benda uji kubus

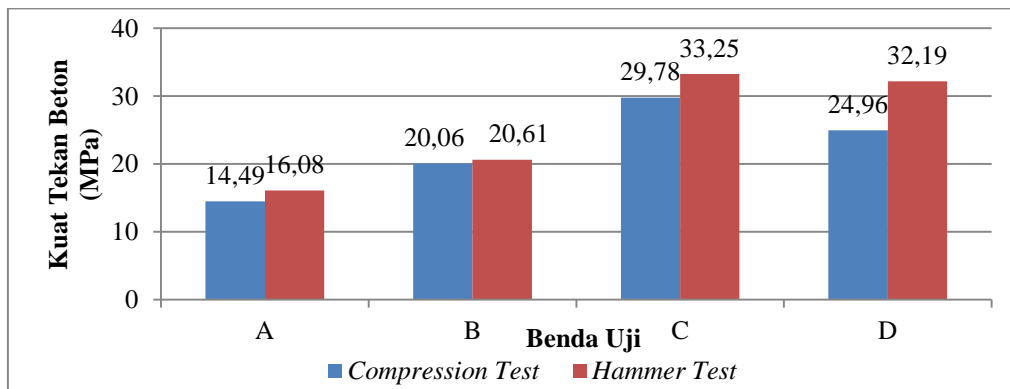
Sumber: Hasil penelitian

Dari Tabel 4.15 dapat diketahui bahwa nilai persentase kesalahan relatif antara nilai kuat tekan beton yang direncanakan dengan nilai kuat tekan beton dari hasil pengujian *compression test* dan *hammer test* berkisar antara 9,27% - 28,37% untuk benda uji silinder dan 6,11%-25,85% untuk benda uji kubus. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kuat tekan yang didapatkan dari hasil pengujian memiliki selisih yang cukup jauh dengan nilai kuat tekan yang direncanakan. Perbedaan hasil nilai kuat tekan beton ini dipengaruhi oleh kerapatan antar material penyusun beton yang di mana semakin rapat material penyusun beton maka semakin tinggi nilai kuat tekan beton yang didapatkan, sedangkan apabila

kerapatan antar material penyusun beton rendah (berongga) maka nilai kuat tekan beton semakin rendah.

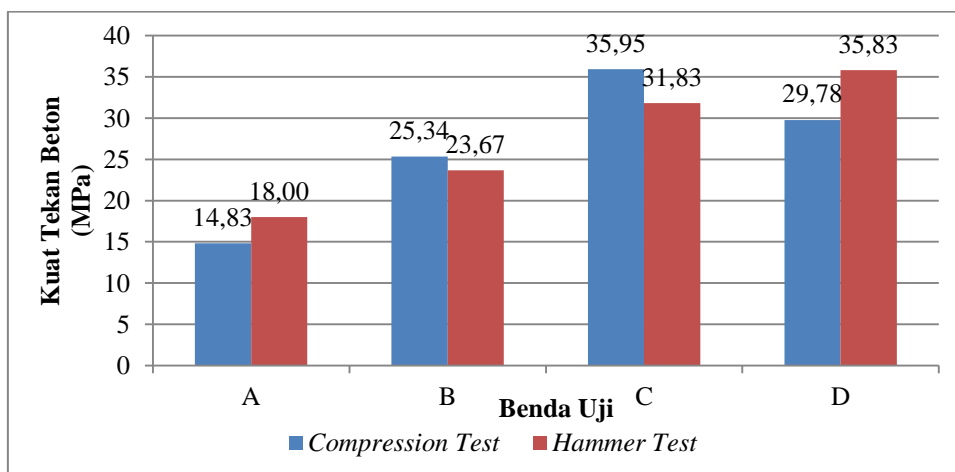
#### 4.5.2 Analisa Regresi dan Korelasi Linier Sederhana antara *Compression Test* dan *Hammer Test*

Pada penelitian ini dilakukan analisa regresi dan korelasi linier sederhana antara nilai kuat tekan pada *compression test* dan *hammer test*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa eratny hubungan antara hasil pengujian yang ditunjukkan oleh kedua metode tersebut. analisa ini menggunakan program *microsoft excel* yang di mana variabel X merupakan nilai pengujian *hammer test* dan variabel Y merupakan nilai pengujian *compression test*. Berikut hasil analisa:



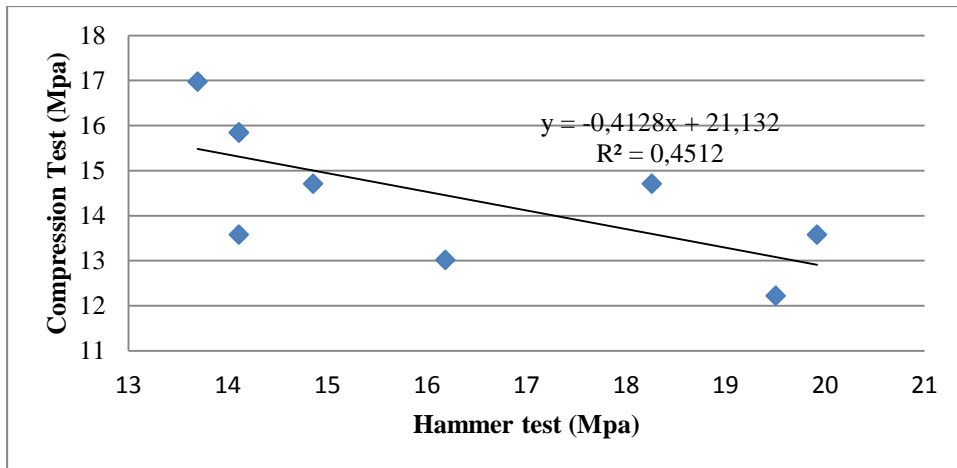
Gambar 4.9 Diagram perbandingan kuat tekan beton rata-rata benda uji berbentuk silinder dengan uji kuat tekan dan uji *hammer test*

Sumber: Hasil penelitian

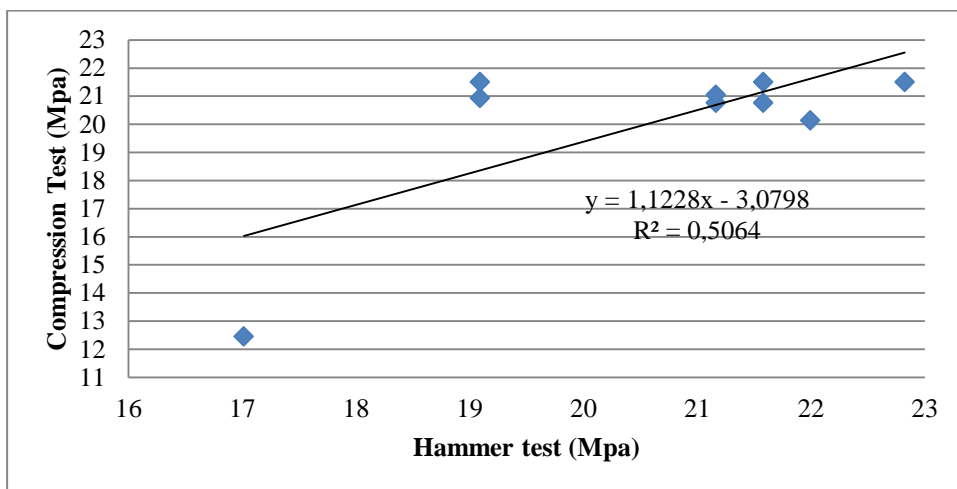


Gambar 4.10 Diagram perbandingan kuat tekan beton rata-rata benda uji berbentuk kubus dengan uji kuat tekan dan uji *hammer test*

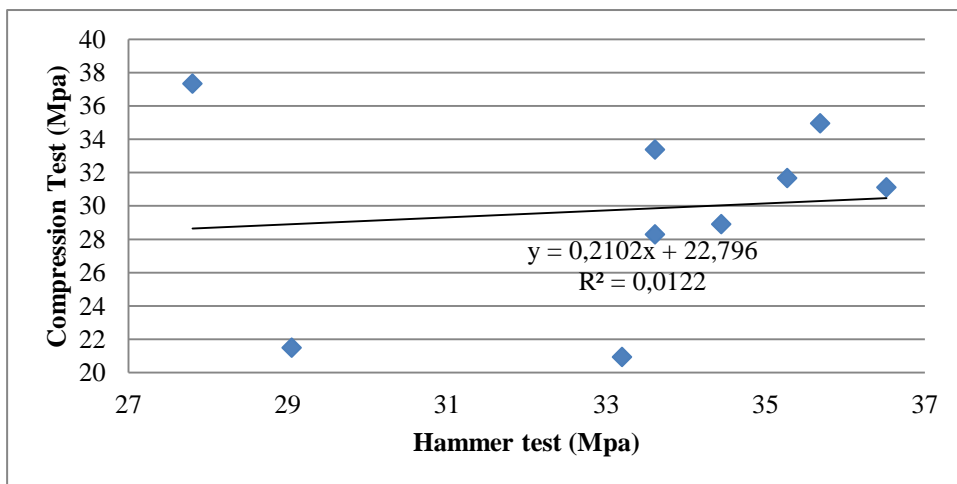
Sumber: Hasil penelitian



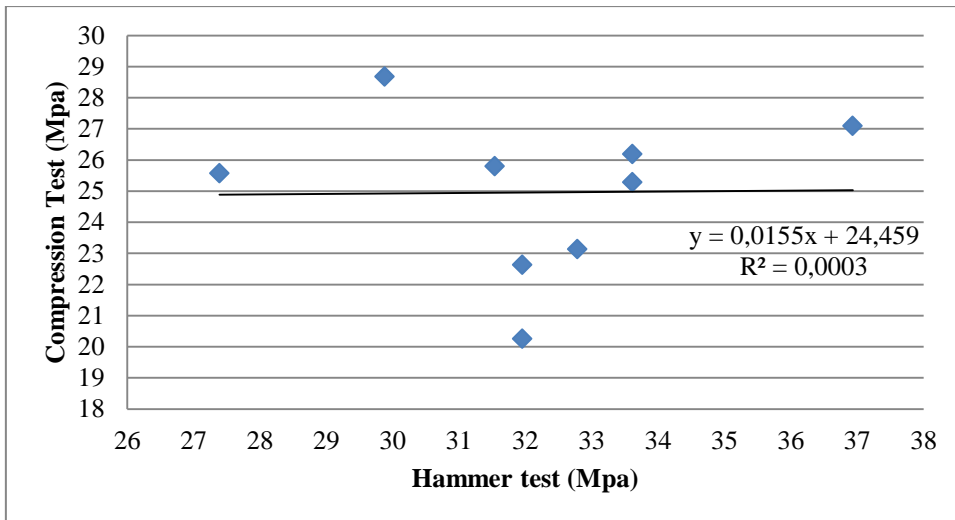
Gambar 4.11 Regresi benda uji silinder 20 Mpa dengan uji kuat tekan dan uji *hammer test*  
 Sumber: Hasil penelitian



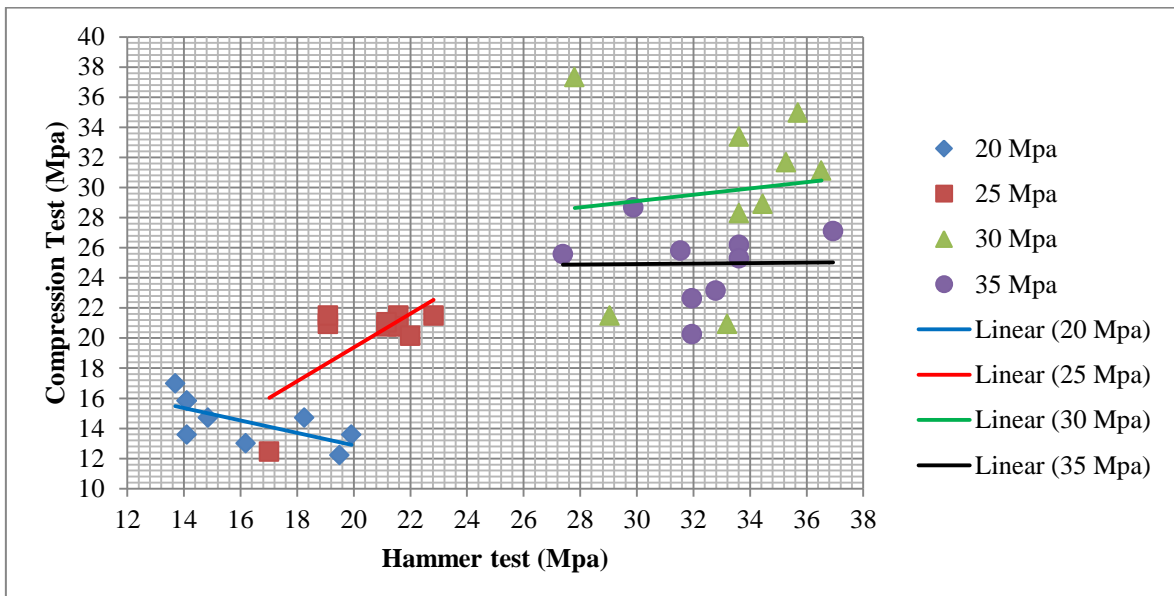
Gambar 4.12 Regresi benda uji silinder 25 Mpa dengan uji kuat tekan dan uji *hammer test*  
 Sumber: Hasil penelitian



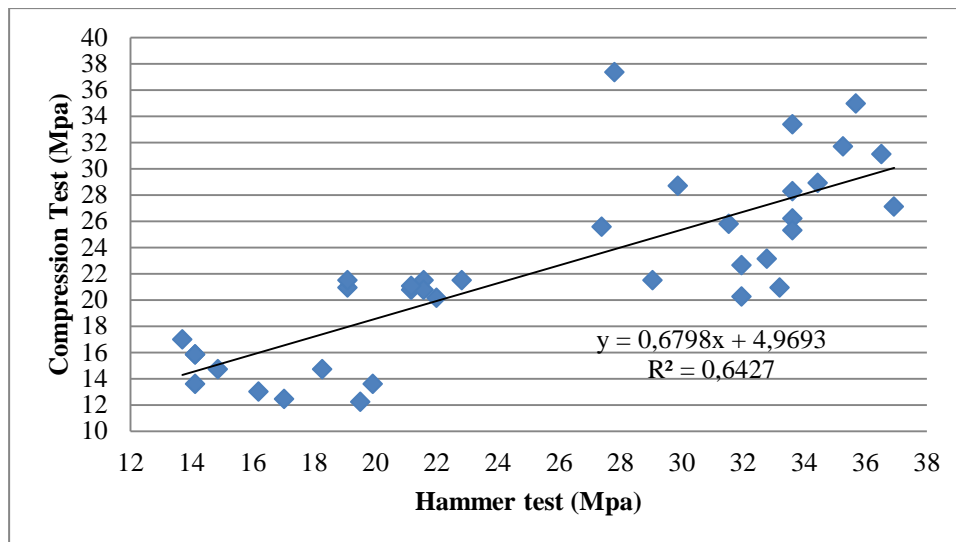
Gambar 4.13 Regresi benda uji silinder 30 Mpa dengan uji kuat tekan dan uji *hammer test*  
 Sumber: Hasil penelitian



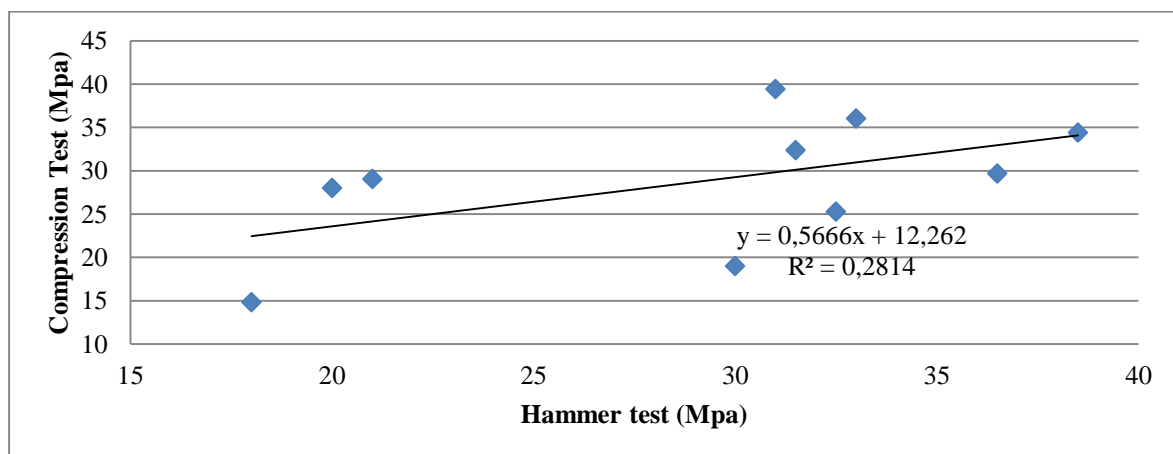
Gambar 4.14 Regresi benda uji silinder 35 Mpa dengan uji kuat tekan dan uji *hammer test*  
Sumber: Hasil penelitian



Gambar 4.15 Perbedaan grafik regresi pada tiap-tiap mutu beton  
Sumber: Hasil penelitian



Gambar 4.16 Regresi benda uji silinder gabungan dengan uji kuat tekan dan uji *hammer test*  
Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 4.17 Regresi benda uji kubus dengan uji kuat tekan dan uji *hammer test*  
Sumber: Hasil penelitian

Tabel 4.16

Rekapitulasi Analisa Regresi Antara *Compression Test* Dan *Hammer Test*

Benda Uji	Persamaan Regresi	Koefisien Determinasi	Koefisien Korelasi	
		$R^2$	R	
Silinder	20 Mpa	$Y = 21,132 - 0,4128X$	0,4512	0,6717
	25 Mpa	$Y = - 3,0798 + 1,1228X$	0,5064	0,7116
	30 Mpa	$Y = 22,796 + 0,2102X$	0,0122	0,1105
	35 Mpa	$Y = 24,459 + 0,0155X$	0,0003	0,0173
	Gabungan	$Y = 4,9693 + 0,6798X$	0,6427	0,8017
Kubus	$Y = 12,262 + 0,5666X$	0,2814	0,5305	

Sumber: Hasil penelitian

Dari Tabel 4.15 dapat diketahui bahwa nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) merupakan ukuran proporsi keragaman (variansi) total nilai variabel tak bebas (Y) yang dapat dijelaskan oleh nilai variabel bebas (X) melalui hubungan linier. Contoh untuk benda uji 20 Mpa memiliki koefisien determinasi sebesar 0,4512 menunjukkan bahwa proporsi



varabel Y (*compression test*) dapat dijelaskan oleh variabel X (*hammer test*) sebesar 45,12% dan sisanya, yaitu 54,88% persen dijelaskan oleh hal-hal lain. Secara keseluruhan dari grafik hubungan regresi dan korelasi di atas diketahui bahwa hubungan antara nilai uji *compression test* dan *hammer test* memiliki hubungan yang berbanding lurus (gradien X bernilai positif) yaitu semakin besar nilai kuat tekan beton (K) yang didapatkan dari pengujian *hammer test*, maka semakin besar nilai aktual yang didapatkan dari pengujian *compression test*.

Akan tetapi pada benda uji 20 Mpa didapatkan hasil regresi yang memiliki hubungan yang berbanding terbalik (gradien X bernilai negatif) yaitu semakin besar nilai kuat tekan beton (K) yang didapatkan dari pengujian *hammer test*, tetapi nilai aktual yang didapatkan dari pengujian *compression test* semakin rendah. Prinsip kerja dari pengujian *hammer test* adalah menghitung kuat tekan beton berdasarkan kekerasan pada permukaan beton yang di uji sehingga *hammer test* tidak dapat memperhitungkan kuat tekan beton secara keseluruhan (kuat tekan aktual) tetapi hanya memperhitungkan kuat tekan pada permukaan beton saja. Sedangkan prinsip kerja dari pengujian *compression test* adalah menghitung kuat tekan beton dengan keseluruhan dilakukan pembebanan secara aksial pada benda uji sampai keadaan benda uji tersebut menjadi hancur. Pada proses pembuatan benda uji 20 Mpa tidak dilakukannya proses vibrasi menggunakan alat vibrator, tidak seperti pembuatan benda uji 25 Mpa, 30 Mpa, dan 35 Mpa. Hal ini menyebabkan kerapatan antar material penyusun beton pada benda uji 20 Mpa menjadi tidak seragam. Terdapatnya rongga-rongga pada bagian tengah benda uji membuktikan bahwa tidak seragamnya kerapatan yang terjadi benda uji tersebut. Sehingga pada proses pengujian *hammer test* dan *compression test*, nilai yang didapatkan dari kedua metode ini memiliki perbedaan nilai yang cukup besar .

#### **4.5.3 Analisa Regresi Linier Berganda dan Korelasi Berganda**

Analisa regresi linier berganda digunakan untuk memperkirakan perubahan nilai variabel tertentu apabila variabel lain berubah. Dikatakan regresi berganda, karena jumlah variabel bebas (*independent*) sebagai prediktor lebih dari satu. Sedangkan, analisa korelasi berganda digunakan untuk mengetahui derajat atau kekuatan hubungan antara variabel X (*hammer test dan UPV test*), dan Y (uji kuat tekan).

Pada penelitian kali ini digunakan 2 macam *software* yaitu aplikasi IBM SPSS (*Statistical Product and Service Solutions*) dan aplikasi MATLAB (*Matrix Laboratory*). IBM SPSS adalah aplikasi yang berguna untuk menganalisa nilai regresi, hal ini digunakan

untuk mencari persamaan korelasi antara *hammer test*, *UPV test* dan *compressive test*. Sedangkan aplikasi MATLAB adalah program untuk menganalisa dan mengkomputasi data numerik, dengan memasukan data hasil pengujian pada aplikasi ini akan menghasilkan grafik korelasi antara ketiga metode pengujian di atas.

### 1.5.3.1 Analisa Regresi dan Korelasi Menggunakan Software IBM SPSS Pada Benda Uji Silinder

Analisa data pada benda uji berbentuk silinder dengan menggunakan software IBM SPSS akan dikelompokkan menjadi 5 bagian, yaitu : 20 Mpa, 25 Mpa, 30 Mpa, 35 Mpa, dan gabungan variasi mutu beton. Diasumsikan bahwa pembacaan pada uji kuat tekan beton merupakan variabel terikat (*dependent variable*), sedangkan pembacaan dari *hammer test* dan *UPV test* merupakan variabel bebas (*independent variable*).

1) Analisa software IBM SPSS terhadap benda uji silinder dengan mutu beton 20 Mpa

Tabel 4.17

Model Summary Untuk Benda Uji Silinder 20 Mpa

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	,697 <sup>a</sup>	,486	,315	1,27237	,486	2,838	2	6	,136

Sumber: Hasil penelitian

Dari Tabel 4.17 diperoleh nilai  $R^2$  sebesar 0,486 artinya sebesar 48,6%. variasi variabel *dependent Y* (*Compressive test*) dipengaruhi oleh 2 variabel *independent X<sub>1</sub>* dan  $X_2$ , sedangkan sisanya sebesar 51,4% dipengaruhi variabel lain yang tidak termasuk dalam model regresi.

Tabel 4.18

Koefisien Alat Uji Untuk Benda Uji Silinder 20 Mpa

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	37,517	25,846		1,452	,197
<i>hammer test</i>	-,413	,180	-,672	-2,296	,061
<i>UPV test</i>	-,004	,006	-,187	-,638	,547

Sumber : Hasil penelitian

Dari Tabel 4.18 diketahui bahwa terdapat variabel yang pengaruhnya tidak begitu signifikan yaitu UPV. Nilai masing-masing koefisien penduga  $\beta$  sehingga model regresi linier berganda terbentuk adalah :  $Y=37,517-0,413X_1-0,004X_2$ .

Interpretasi:

1.  $\beta_1 = - 0,413$ ; Jika hasil uji *hammer test* naik 1 Mpa maka akan menurunkan nilai *Compressive Test* sebesar 0,413 MPa dengan asumsi variabel lain yaitu hasil uji *UPV* dianggap konstan.
2.  $\beta_2 = - 0,004$ ; Jika hasil uji *UPV test* naik 1 m/s maka akan menurunkan nilai *Compressive Test* sebesar 0.004 Mpa dengan asumsi variabel lain yaitu hasil uji *Hammer* dianggap konstan.

2) Analisa software IBM SPSS terhadap benda uji silinder dengan mutu beton 25 Mpa

Tabel 4.19

Model Summary Untuk Benda Uji Silinder 25 Mpa

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	,797 <sup>a</sup>	,635	,514	2,01590215091	,635	5,229	2	6	,048

Sumber: Hasil penelitian

Dari Tabel 4.19 diperoleh nilai  $R^2$  sebesar 0,635 artinya sebesar 63,5%. variasi variabel *dependent* Y (*Compressive test*) dipengaruhi oleh 2 variabel *independent*  $X_1$  dan  $X_2$ , sedangkan sisanya sebesar 36,5% dipengaruhi variabel lain yang tidak termasuk dalam model regresi.

Tabel 4.20

Koefisien Alat Uji Untuk Benda Uji Silinder 25 Mpa

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	79,749	57,410		1,389	,214
<i>hammer test</i>	1,591	,505	1,008	3,154	,020
<i>UPV test</i>	-,021	,015	-,466	-1,457	,195

Sumber: Hasil penelitian

Dari Tabel 4.20 diketahui bahwa terdapat variabel yang pengaruhnya tidak begitu signifikan yaitu *UPV*. Nilai masing-masing koefisien penduga  $\beta$  sehingga model regresi linier berganda terbentuk adalah :  $Y=79,749+1,591X_1-0,021X_2$ .

Interpretasi:

1.  $\beta_1 = 1,591$ ; Jika hasil uji *hammer test* naik 1 Mpa maka akan menaikkan nilai *Compressive Test* sebesar 1,591 Mpa dengan asumsi variabel lain yaitu hasil uji *UPV* dianggap konstan.
2.  $\beta_2 = - 0,021$ ; Jika hasil uji *UPV test* naik 1 m/s maka akan menurunkan nilai *Compressive Test* sebesar 0.021 Mpa dengan asumsi variabel lain yaitu hasil uji *Hammer* dianggap konstan.

## 3) Analisa software IBM SPSS terhadap benda uji silinder dengan mutu beton 30 Mpa

Tabel 4.21

Model Summary Untuk Benda Uji Silinder 30 Mpa

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	,257 <sup>a</sup>	,066	-,245	6,265239680	,066	,212	2	6	,815

Sumber: Hasil penelitian

Dari Tabel 4.21 diperoleh nilai  $R^2$  sebesar 0,066 artinya sebesar 6,6 %. variasi variabel *dependent Y (Compressive test)* dipengaruhi oleh 2 variabel *independent X<sub>1</sub>* dan *X<sub>2</sub>*, sedangkan sisanya sebesar 93,4 % dipengaruhi variabel lain yang tidak termasuk dalam model regresi.

Tabel 4.22

Koefisien Alat Uji Untuk Benda Uji Silinder 30 Mpa

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	-77,420	172,537		-,449	,669
hammer test	,046	,801	,024	,057	,956
UPV test	,023	,039	,247	,587	,579

Sumber : Hasil penelitian

Dari Tabel 4.22 diketahui bahwa terdapat variabel yang pengaruhnya tidak begitu signifikan yaitu UPV. Nilai masing-masing koefisien penduga  $\beta$  sehingga model regresi linier berganda terbentuk adalah :  $Y = -77,420 + 0,046X_1 + 0,023X_2$ .

Interpretasi:

1.  $\beta_1 = 0,046$ ; Jika hasil uji *hammer test* naik 1 Mpa maka akan menaikkan nilai *Compressive Test* sebesar 0,046 Mpa dengan asumsi variabel lain yaitu hasil uji *UPV* dianggap konstan.
2.  $\beta_2 = 0,023$ ; Jika hasil uji *UPV test* naik 1 m/s maka akan menaikkan nilai *Compressive Test* sebesar 0.023 Mpa dengan asumsi variabel lain yaitu hasil uji *Hammer* dianggap konstan.

4) Analisa *software* IBM SPSS terhadap benda uji silinder dengan mutu beton 35 Mpa

Tabel 4.23

*Model Summary* Untuk Benda Uji Silinder 35 Mpa

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	,087 <sup>a</sup>	,008	-,323	2,93337999	,008	,023	2	6	,977

Sumber: Hasil penelitian

Dari Tabel 4.23 diperoleh nilai  $R^2$  sebesar 0,008 artinya sebesar 0,8%. variasi variabel *dependent* Y (*Compressive test*) dipengaruhi oleh 2 variabel *independent*  $X_1$  dan  $X_2$ , sedangkan sisanya sebesar 99,2% dipengaruhi variabel lain yang tidak termasuk dalam model regresi.

Tabel 4.24

## Koefisien Alat Uji Untuk Benda Uji Silinder 35 Mpa

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	-4,708	138,731		-,034	,974
<i>hammer test</i>	,051	,427	,053	,119	,909
<i>UPV test</i>	,006	,030	,093	,211	,840

Sumber : Hasil Penelitian

Dari tabel 4.24 diketahui bahwa terdapat variabel yang pengaruhnya tidak begitu signifikan yaitu UPV. Nilai masing-masing koefisien penduga  $\beta$  sehingga model regresi linier berganda terbentuk adalah :  $Y = -4,708 + 0,051X_1 + 0,006X_2$

Interpretasi :

1.  $\beta_1 = 0,051$  ; Jika hasil uji *hammer test* naik 1 Mpa maka akan menaikkan nilai *Compressive Test* sebesar 0,051 Mpa dengan asumsi variabel lain yaitu hasil uji *UPV* dianggap konstan.
2.  $\beta_2 = 0,006$  ; Jika hasil uji *UPV test* naik 1 m/s maka akan menaikkan nilai *Compressive Test* sebesar 0.006 Mpa dengan asumsi variabel lain yaitu hasil uji *Hammer* dianggap konstan.

5) Analisa software IBM SPSS terhadap benda uji silinder dengan gabungan mutu beton

Tabel 4.25

Model Summary Untuk Benda Uji Silinder Gabungan

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	,848 <sup>a</sup>	,719	,702	3,63201080	,719	42,299	2	33	,000

Sumber: Hasil penelitian

Dari Tabel 4.25 diperoleh nilai  $R^2$  sebesar 0,719 artinya sebesar 71,9 %. variasi variabel *dependent* Y (*Compressive test*) dipengaruhi oleh 2 variabel *independent*  $X_1$  dan  $X_2$ , sedangkan sisanya sebesar 28,1 % dipengaruhi variabel lain yang tidak termasuk dalam model regresi.

Tabel 4.26

Koefisien Alat Uji Untuk Benda Uji Silinder Gabungan

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	-80,142	28,425		-2,819	,008
hammer test	,340	,138	,401	2,468	,019
UPV test	,021	,007	,487	3,002	,005

Sumber: Hasil penelitian

Dari Tabel 4.26 diketahui bahwa terdapat variabel yang pengaruhnya tidak begitu signifikan yaitu UPV. Nilai masing-masing koefisien penduga  $\beta$  sehingga model regresi linier berganda terbentuk adalah :  $Y = -80,142 + 0,340X_1 + 0,021X_2$ .

Interpretasi:

1.  $\beta_1 = 0,340$ ; Jika hasil uji *hammer test* naik 1 Mpa maka akan menaikkan nilai *Compressive Test* sebesar 0,340 Mpa dengan asumsi variabel lain yaitu hasil uji *UPV* dianggap konstan.
2.  $\beta_2 = 0,021$ ; Jika hasil uji *UPV test* naik 1 m/s maka akan menaikkan nilai *Compressive Test* sebesar 0.021 Mpa dengan asumsi variabel lain yaitu hasil uji *Hammer* dianggap konstan.

#### 4.5.3.2 Analisa Regresi dan Korelasi Menggunakan *Software* IBM SPSS Pada Benda Uji Kubus

Analisa data pada benda uji berbentuk kubus menggunakan *software* IBM SPSS kali ini akan menggunakan data gabungan, yang di mana mencakup semua variasi mutu beton. Diasumsikan bahwa pembacaan pada uji kuat tekan beton merupakan variabel terikat (*dependent variable*), sedangkan pembacaan dari *hammer test* dan *UPV test* merupakan variabel bebas (*independent variable*). Berikut hasil Analisa menggunakan *software* IBM SPSS.

Tabel 4.27

Model Summary Untuk Benda Uji Kubus

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	,795 <sup>a</sup>	,632	,527	5,200715010260410	,632	6,022	2	7	,030

Sumber: Hasil penelitian

Dari Tabel 4.27 diperoleh nilai  $R^2$  sebesar 0,632 artinya sebesar 63,2%. variasi variabel *dependent* Y (*Compressive test*) dipengaruhi oleh 2 variabel *independent*  $X_1$  dan  $X_2$ , sedangkan sisanya sebesar 36,8% dipengaruhi variabel lain yang tidak termasuk dalam model regresi.

Tabel 4.28

Koefisien Alat Uji Untuk Benda Uji Kubus

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	-132,711	56,550		-2,347	,051
<i>hammer test</i>	,339	,260	,317	1,301	,234
<i>UPV test</i>	,033	,013	,630	2,585	,036

Sumber: Hasil penelitian

Dari Tabel 4.28 diketahui bahwa terdapat variabel yang pengaruhnya tidak begitu signifikan yaitu UPV. Nilai masing-masing koefisien penduga  $\beta$  sehingga model regresi linier berganda terbentuk adalah :  $Y = -132,711 + 0,339X_1 + 0,033X_2$ .

Interpretasi:

1.  $\beta_1 = 0,339$ ; Jika hasil uji *hammer test* naik 1 Mpa maka akan menaikkan nilai *Compressive Test* sebesar 0,339 Mpa dengan asumsi variabel lain yaitu hasil uji *UPV* dianggap konstan.

2.  $\beta_2 = 0,033$ ; Jika hasil uji *UPV test* naik 1 m/s maka akan menaikkan nilai *Compressive Test* sebesar 0.033 Mpa dengan asumsi variabel lain yaitu hasil uji *Hammer* dianggap konstan.

Tabel 4.29

Rekapitulasi Analisa Regresi Antara *Compression Test*, *Hammer Test* dan *UPV Test* Menggunakan IBM SPSS

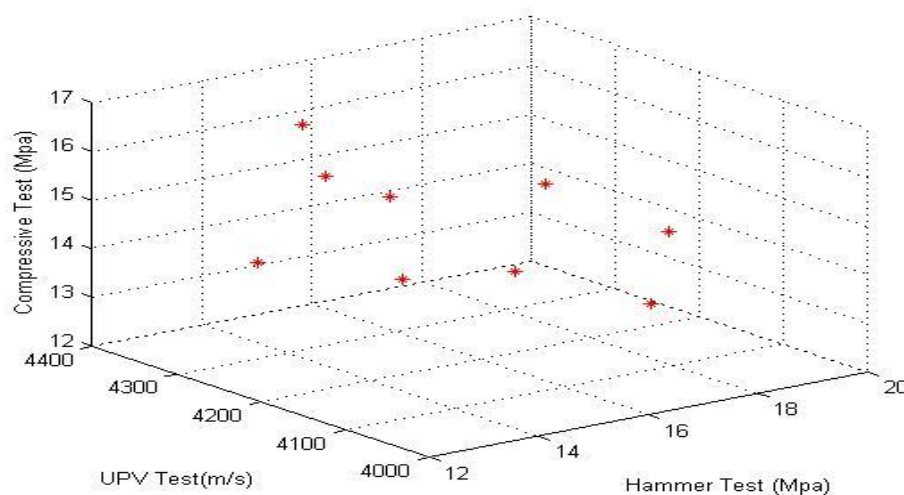
Benda Uji		Persamaan Regresi	Koefisien Determinasi	Koefisien Korelasi
			$R^2$	R
Silinder	20 Mpa	$Y = 37,517 - 0,413X_1 - 0,004X_2$	0,486	0,679
	25 Mpa	$Y = 79,749 + 1,591X_1 - 0,021X_2$	0,635	0,797
	30 Mpa	$Y = -77,420 + 0,046X_1 + 0,023X_2$	0,066	0,257
	35 Mpa	$Y = -4,708 + 0,051X_1 + 0,006X_2$	0,008	0,087
	Gabungan	$Y = -80,142 + 0,340X_1 + 0,021X_2$	0,719	0,848
Kubus		$Y = -132,711 + 0,339X_1 - 0,033X_2$	0,632	0,795

Keterangan: Y= *compression test*;  $X_1$ = *hammer test*;  $X_2$ = *UPV test*

Sumber: Hasil penelitian

#### 1.5.4 Grafik Hubungan Korelasi antara *Non-Destructive Test* dan *Destructive Test* dengan Menggunakan *Software* MATLAB

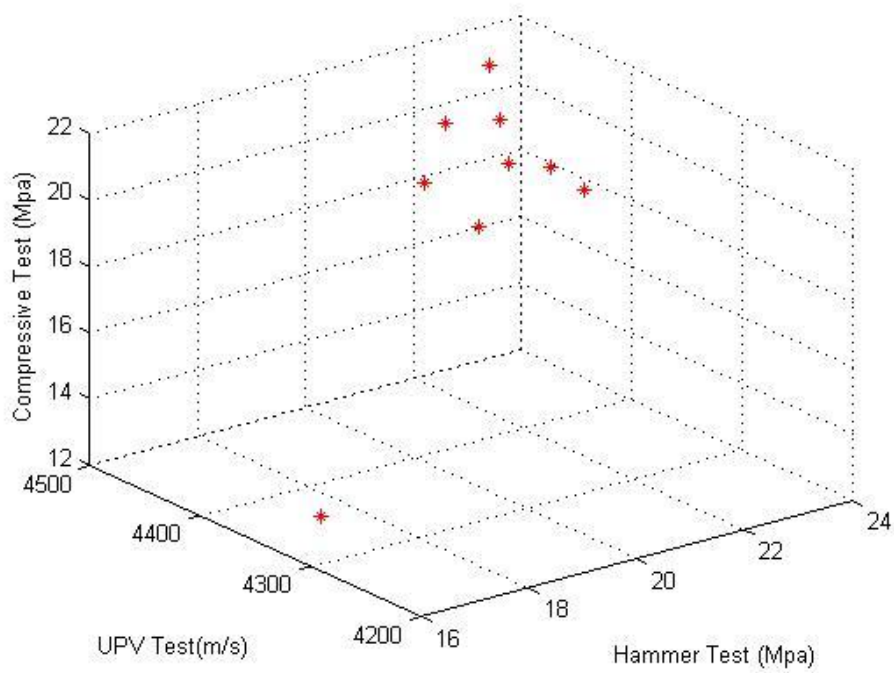
Pada penelitian kali ini, penggunaan software MATLAB (*Matrix Laboratory*) adalah untuk menganalisa dan mengkomputasi data numerik dengan memasukan data hasil penelitian pada aplikasi ini untuk menghasilkan grafik hubungan korelasi antara ketiga metode pengujian. Grafik hubungan korelasi ini akan dibedakan menjadi 5 grafik hubungan korelasi untuk benda uji berbentuk silinder dan 1 grafik hubungan korelasi untuk benda uji berbentuk kubus. Berikut grafik hubungan korelasi antara *non-destructive test* dan *destructive test* dengan menggunakan *software* MATLAB:



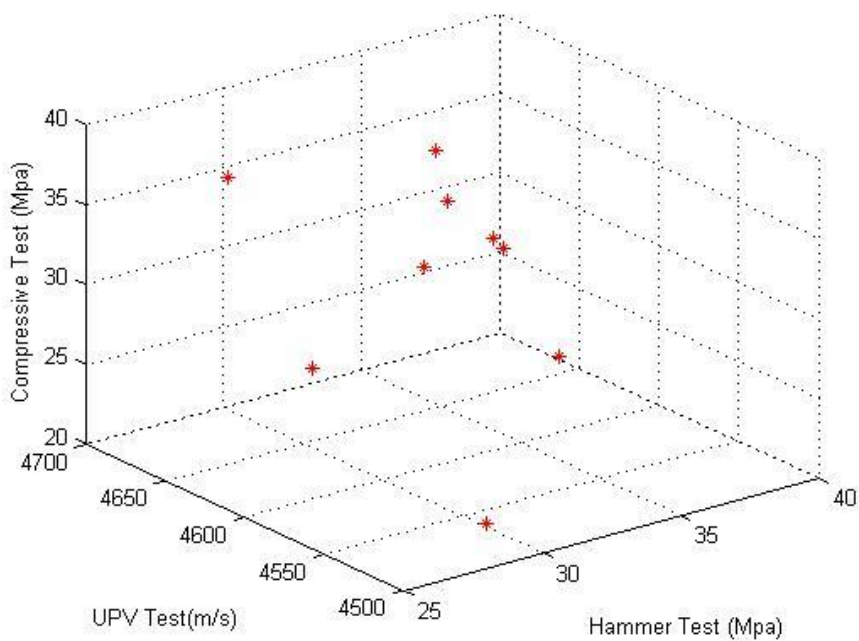
Gambar 4.18 Grafik hubungan korelasi nilai kuat tekan beton pada benda uji silinder 20 Mpa

Sumber: Hasil Penelitian

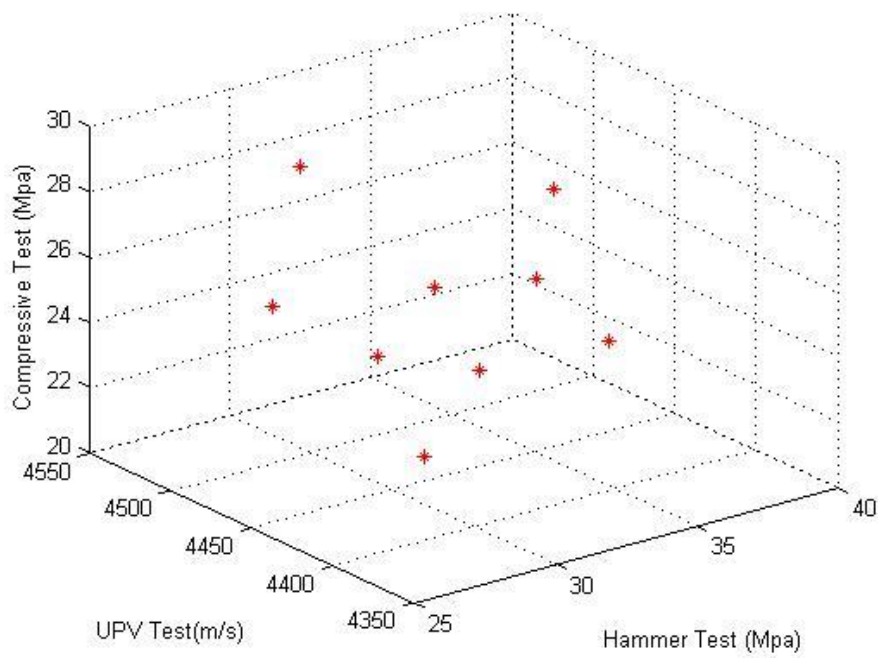




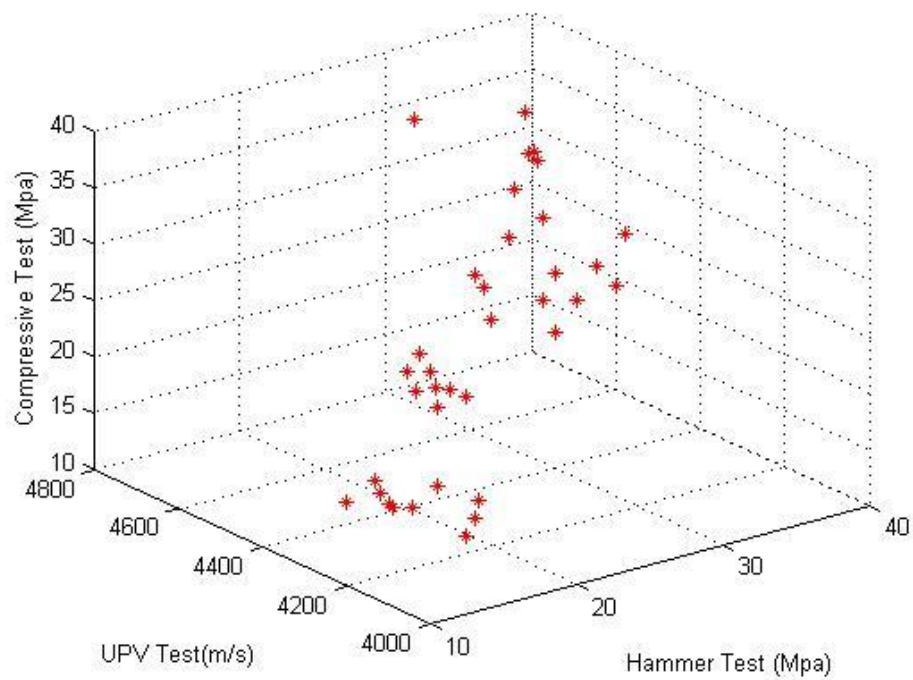
*Gambar 4.19* Grafik hubungan korelasi nilai kuat tekan beton pada benda uji silinder 25 Mpa  
Sumber: Hasil penelitian



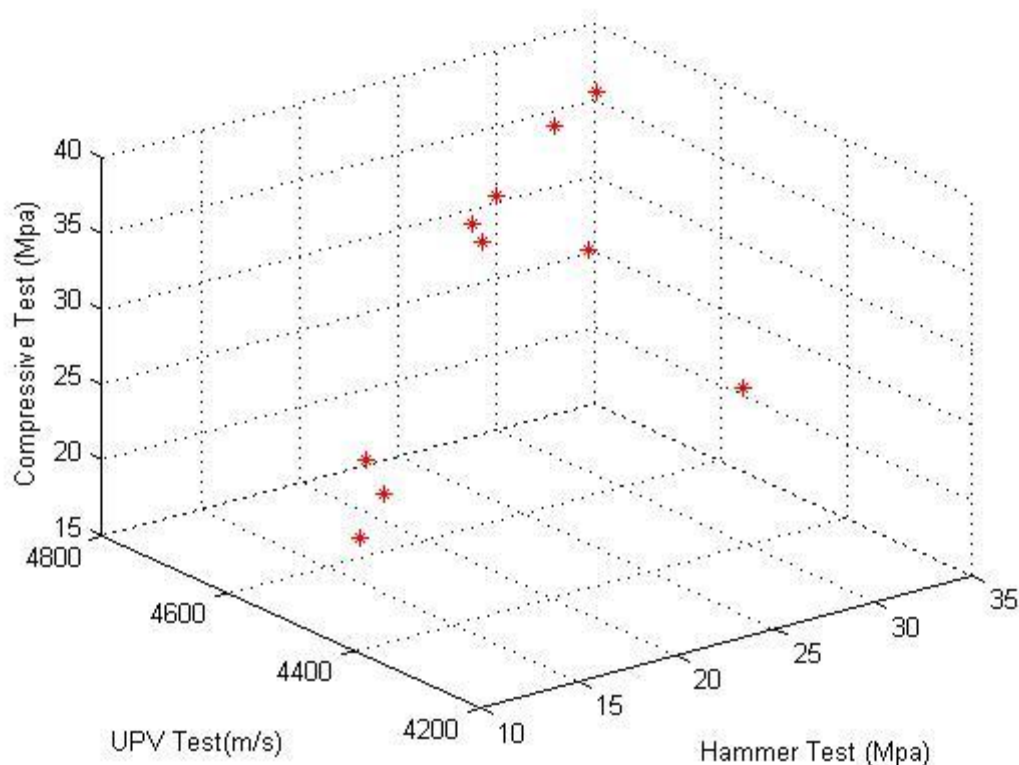
*Gambar 4.20* Grafik hubungan korelasi nilai kuat tekan beton pada benda uji silinder 30 Mpa  
Sumber: Hasil penelitian



Gambar 4.21 Grafik hubungan korelasi nilai kuat tekan beton pada benda uji silinder 35 Mpa  
Sumber: Hasil penelitian



Gambar 4.22 Grafik hubungan korelasi nilai kuat tekan beton pada benda uji silinder variasi mutu beton gabungan  
Sumber: Hasil penelitian



Gambar 4.23 Grafik hubungan korelasi nilai kuat tekan beton pada benda uji kubus dengan variasi mutu beton gabungan

Sumber: Hasil penelitian

Secara keseluruhan grafik hubungan korelasi nilai kuat tekan beton yang diperoleh menunjukkan bahwa pendekatan dari nilai kuat tekan beton dengan pengujian *non-destructive test* dan pengujian *destructive test* ini tidak memiliki pendekatan yang signifikan. Hal ini ditunjukkan juga pada tabel 4.29 di mana nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) dan koefisien korelasi ( $R$ ) yang diperoleh dari analisa korelasi dan regresi menggunakan software IBM SPSS sebagian besar berkisar antara 40% sampai 70% yang artinya variasi variabel *dependent Y* (*Compressive test*) dengan 2 variabel *independent X<sub>1</sub>* (*Hammer test*) dan *X<sub>2</sub>* (*UPV Test*) ini memiliki hubungan yang cukup erat akan tetapi tidak terlalu kuat untuk dikatakan signifikan. Hal ini dikarenakan besarnya *range* yang terlalu jauh antara pembacaan nilai kuat tekan beton menggunakan pengujian *destructive test* (*compression test*) dengan pengujian *non-destructive test* (*hammer test* dan *UPV test*), serta terdapatnya perbedaan satuan dari data yang digunakan dalam analisa. Besarnya *range* nilai kuat tekan beton ini dapat disebabkan oleh ketidak seragamnya kerapatan yang terjadi pada material penyusun beton.

