

## **BAB V**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Dalam suatu penelitian akan didapatkan hasil yang kemudian akan dilakukan analisis hasil dan pembahasan terhadap data-data yang diperoleh. Adapun analisis dan pembahasan hasil penelitian yang akan dikemukakan disini meliputi pengendalian mutu pekerjaan beton, kuat tekan beton, modulus elastisitas dan ketahanan terhadap cuaca pada beton.

#### **5.1 Hasil Penelitian**

Dari pelaksanaan pengujian sebagaimana tercantum pada bab IV dengan variasi benda uji seperti pada Tabel 4.1 (lihat hal. 44), didapatkan hasil kuat tekan dan uji ketahanan terhadap cuaca. Adapun hasil tersebut diuraikan pada Tabel 5.1-5.5, dengan faktor konfersi  $1 \text{ kN} = 101,971 \text{ kg}$ .

**Tabel 5.1** Hasil Pengujian Kuat Desak Beton Umur 7 hari

Variasi	No	Berat jenis (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat tekan Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
V <sub>0</sub>	1	2,332	425	243,123	250,585
	2	2,327	450	257,090	
	3	2,346	440	251,543	
V <sub>1</sub>	1	2,239	400	227,466	244,023
	2	2,273	430	246,316	
	3	2,309	450	258,288	
V <sub>2</sub>	1	2,263	345	199,610	195,636
	2	2,247	360	206,355	
	3	2,218	320	180,942	
V <sub>3</sub>	1	2,245	355	204,167	195,795
	2	2,301	335	198,567	
	3	2,274	320	184,651	
V <sub>4</sub>	1	2,291	375	214,099	201,065
	2	2,166	356	205,425	
	3	2,179	380	183,672	

**Tabel 5.2** Hasil Pengujian Kuat Desak Beton Umur 14 hari

Variasi	No	Berat jenis (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat tekan Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
V <sub>0</sub>	1	2,358	450	262,281	281,473
	2	2,350	520	296,884	
	3	2,328	495	285,254	
V <sub>1</sub>	1	2,318	475	272,456	272,933
	2	2,308	470	268,327	
	3	2,338	485	278,006	
V <sub>2</sub>	1	2,245	450	256,919	287,108
	2	2,224	525	298,550	
	3	2,234	535	305,854	
V <sub>3</sub>	1	2,218	450	259,666	245,486
	2	2,189	410	231,617	
	3	2,208	430	245,175	
V <sub>4</sub>	1	2,159	450	249,584	255,745
	2	2,165	460	255,798	
	3	2,178	455	261,854	

**Tabel 5.3** Hasil Pengujian Kuat Desak Beton Umur 21 hari

Variasi	No	Berat jenis (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat tekan Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
V <sub>0</sub>	1	2,369	580	329,827	310,214
	2	2,355	520	297,871	
	3	2,364	525	302,944	
V <sub>1</sub>	1	2,386	550	315,685	317,770
	2	2,324	495	285,633	
	3	2,307	610	351,992	
V <sub>2</sub>	1	2,231	540	309,946	317,117
	2	2,300	545	311,520	
	3	2,242	580	329,834	
V <sub>3</sub>	1	2,238	475	272,637	278,056
	2	2,201	485	279,863	
	3	2,215	495	281,677	
V <sub>4</sub>	1	2,168	520	298,068	294,644
	2	2,165	475	269,760	
	3	2,177	550	316,105	

**Tabel 5.4** Hasil Pengujian Kuat Desak Beton Umur 28 hari

Variasi	No	Berat jenis (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat tekan Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
V <sub>0</sub>	1	2,315	580	332,461	351,753
	2	2,344	610	347,346	
	3	2,343	655	375,452	
V <sub>1</sub>	1	2,352	580	331,140	338,070
	2	2,326	600	346,222	
	3	2,293	590	336,819	
V <sub>2</sub>	1	2,234	555	316,446	321,287
	2	2,226	575	335,815	
	3	2,264	540	311,600	
V <sub>3</sub>	1	2,200	545	311,985	318,538
	2	2,223	590	333,995	
	3	2,198	560	312,634	
V <sub>4</sub>	1	2,173	595	339,253	326,976
	2	2,169	540	307,894	
	3	2,167	580	333,791	

**Tabel 5.5** Hasil Pengujian Ketahanan Terhadap Cuaca

Variasi	No	Sebelum Pengujian			Berat Setelah Pengujian (gr)
		Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Berat (gr)	
V0	1	10,31	5,76	590,5	556,7
	2	10,26	5,66	589,8	559,0
	3	10,33	5,59	587,5	554,0
	4	10,23	5,54	585,5	551,1
	5	10,09	5,69	561,9	533,0
V1	1	10,43	5,56	601,0	555,8
	2	10,62	5,68	607,0	560,5
	3	10,27	5,71	597,0	5548,4
	4	10,31	5,68	592,0	541,6
	5	10,24	5,58	583,0	538,0
V2	1	10,18	5,61	589,0	534,5
	2	10,27	5,64	578,7	528,2
	3	10,21	5,69	567,0	516,5
	4	10,13	5,69	562,1	515,5
	5	10,15	5,62	559,5	524,2
V3	1	10,33	5,56	566,3	504,0
	2	10,37	5,58	568,1	504,1
	3	10,38	5,66	567,3	505,9
	4	10,11	5,70	552,0	490,5
	5	9,79	5,76	537,8	496,1
V4	1	10,12	5,67	548,7	500,9
	2	10,09	5,54	548,4	494,4
	3	10,28	5,73	541,7	498,7
	4	10,33	5,64	548,0	501,1
	5	10,06	5,61	541,5	496,5

## 5.2 Analisis Pengendalian Mutu Pekerjaan Beton

Penelitian ini menggunakan 5 (lima) macam variasi campuran agregat kasar yaitu campuran antara agregat kasar pecahan genteng dengan batu pecah (*split*) dengan gradasi sama yaitu lolos saringan 19,0 mm dengan variasi sebagai berikut ini.

1. Variasi I, beton dengan pecahan genteng "Soka" 0% dari berat total agregat kasar .
2. Variasi II, beton dengan pecahan genteng "Soka " 25% dari berat total agregat kasar.
3. Variasi III, beton dengan pecahan genteng "Soka " 50% dari berat total agregat kasar.
4. Variasi IV, beton dengan pecahan genteng "Soka" 75% dari berat total agregat kasar.
5. Variasi V, beton dengan pecahan genteng "soka" 100% dari berat total agregat kasar.

Faktor umur yang dipergunakan dalam analisis pengendalian mutu pelaksanaan adalah nilai konversi untuk perbandingan kuat tekan pada berbagai umur untuk benda uji yang dirawat dilaboratorium dan berlaku untuk beton normal.

Perhitungan deviasi standar beton, kuat tekan beton rata-rata dapat dilihat pada tabel dan hitungan berikut ini.

Tabel 5.6 Perhitungan kekuatan tekan beton pada variasi I

No	Umur (hr)	Faktor umur	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f'_{28}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f'_{cr}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$(f'_{28} - f'_{cr})^2$ (kg/cm <sup>2</sup> )
1	7	0,70	243,123	347,319	338,201	83,136
2	7	0,70	257,090	367,271	338,201	845,060
3	7	0,70	251,543	359,347	338,201	447,149
4	14	0,88	262,281	298,047	338,201	1612,35
5	14	0,88	269,884	337,368	338,201	0,64902
6	14	0,88	285,254	324,152	338,201	185,834
7	21	0,96	329,827	343,569	338,201	28,815
8	21	0,96	297,871	310,282	338,201	779,475
9	21	0,96	302,944	315,567	338,201	512,302
10	28	1,00	332,461	332,461	338,201	32,949
11	28	1,00	347,346	347,346	338,201	83,630
12	28	1,00	375,452	375,452	338,201	1387,63
Jumlah				4058,413		6007,9798

Perhitungan Tabel 5.6

Kuat tekan umur 28 hari ( $f'_{28}$ ) = kuat tekan benda uji ( $f'c$ ) / faktor umurKuat tekan rata-rata, ( $f'_{cr}$ )

$$f'_{cr} = \frac{\sum f'_{28}}{N} = \frac{4058,413}{12} = 338,201 \text{ kg/cm}^2$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f'_{28} - f'_{cr})^2}{N - 1}} = \sqrt{\frac{6007,9798}{12 - 1}} = 23,37 \text{ kg/cm}^2$$



Dengan langkah seperti diatas, hasil perhitungan kuat tekan beton rata-rata dan deviasi standart pada variasi campuran agregat kasar lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.7.

**Tabel 5.7** Nilai Devasi Standar

No	Variasi campuran agregat kasar	Deviasi standar (kg/cm <sup>2</sup> )
1	V0	23,37
2	V1	27,01
3	V2	27,12
4	V3	20,28
5	V4	23,01

### 5.3 Hasil Pengujian

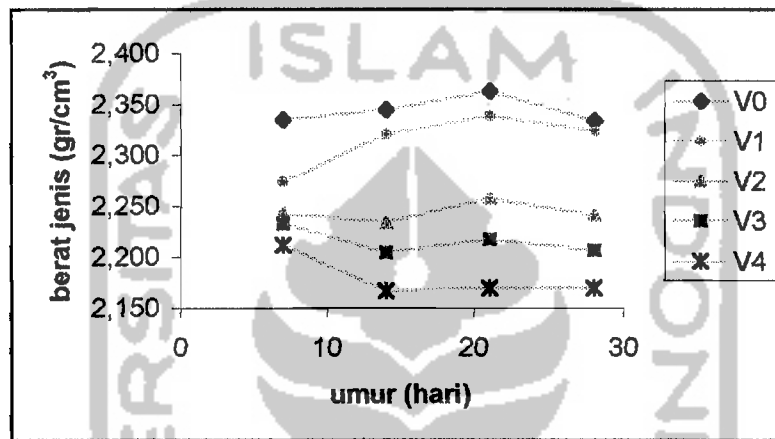
Untuk memperjelas penyajian hasil penelitian, berikut ini akan diuraikan ringkasan hasil pengujian dari berat volume, kuat tekan, modulus elastisitas dan ketahanan terhadap cuaca yang disajikan dalam bentuk tabel dan gambar grafik.

#### 5.3.1 Berat Jenis Beton

Sebagaimana telah disebutkan dalam tujuan penelitian adalah untuk mengetahui karakteristik fisik beton. Diantaranya yaitu berat jenis beton yang dihasilkan termasuk kedalam golongan beton normal ataukah beton ringan seperti yang diperkirakan. Adapun hasil dari penelitian tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan Gambar 5.1.

**Tabel 5.8** Berat jenis beton rata-rata

Variasi	Berat jenis rata-rata pada umur ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )			
	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
V0	2,335	2,345	2,363	2,334
V1	2,274	2,321	2,339	2,324
V2	2,243	2,234	2,258	2,241
V3	2,273	2,205	2,218	2,207
V4	2,212	2,167	2,170	2,170

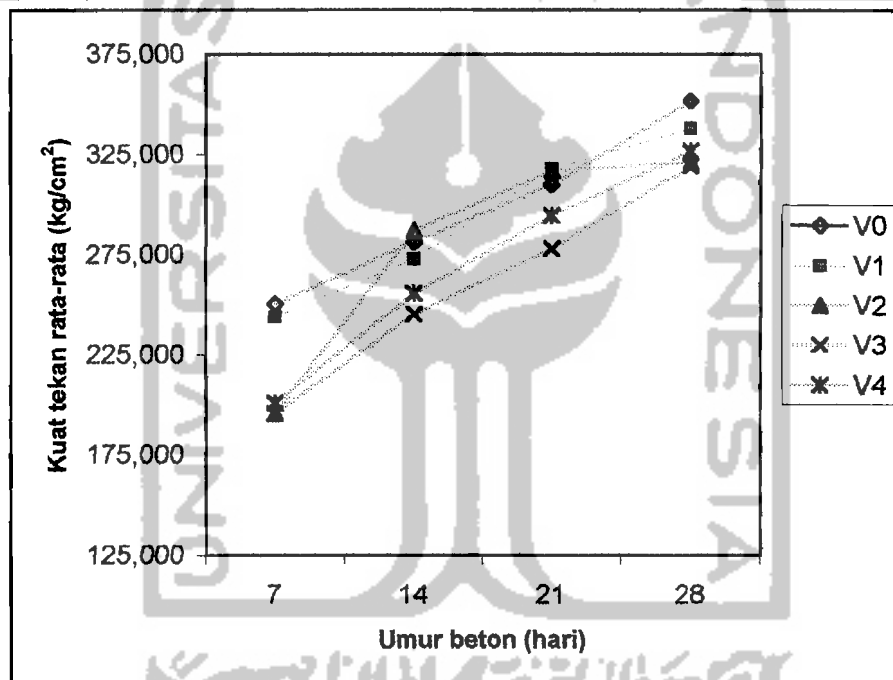
**Gambar 5.1** Grafik berat jenis rata-rata beton

### 5.3.2 Kuat Tekan Beton

Dari hasil pengujian kuat tekan beton dengan variasi campuran antara pecahan genteng dan split diatas, pada tabel dan grafik berikut ini dapat dilihat laju kenaikan kuat tekan rata-rata dengan variasi umur 7, 14, 21 dan 28 hari dari masing-masing variasi .

**Tabel 5.9** Kuat Tekan Rata-rata Beton

Variasi	Kuat tekan rata-rata beton umur (kg/cm <sup>2</sup> )			
	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
V0	250,585	281,473	310,214	351,753
V1	244,023	272,933	317,770	338,070
V2	195,636	287,108	317,117	321,287
V3	195,795	245,486	278,059	319,538
V4	201,065	255,745	294,644	326,976

**Gambar 5.2** Grafik kuat tekan rata-rata beton

### 5.3.3 Modulus Elastis Beton

Pengujian modulus elastis beton dilaksanakan setelah umur beton mencapai 28 hari dengan menggunakan sampel yang sama pada pengujian kuat tekan beton umur 28 hari. Adapun ringkasan hasil pengujian dari setiap variasi campuran

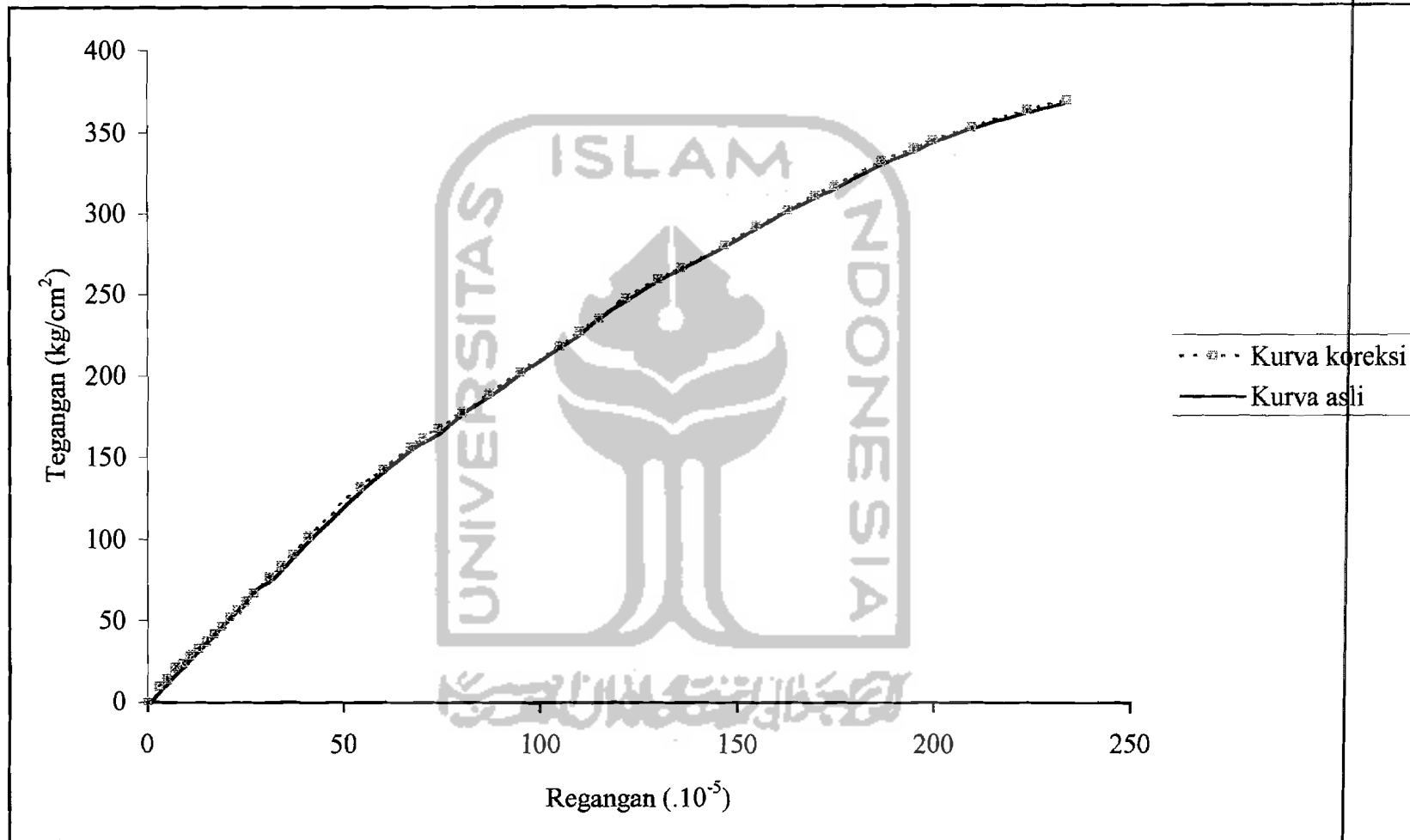
kerikil dan pecahan genteng soka dapat dilihat pada Tabel 5.10 serta Gambar 5.3, 5.4, 5.5, 5.6 dan 5.7.

**Tabel 5.10** Tegangan dan regangan beton pada pengujian kuat tekan beton umur 28 hari dengan 5 (lima) variasi.

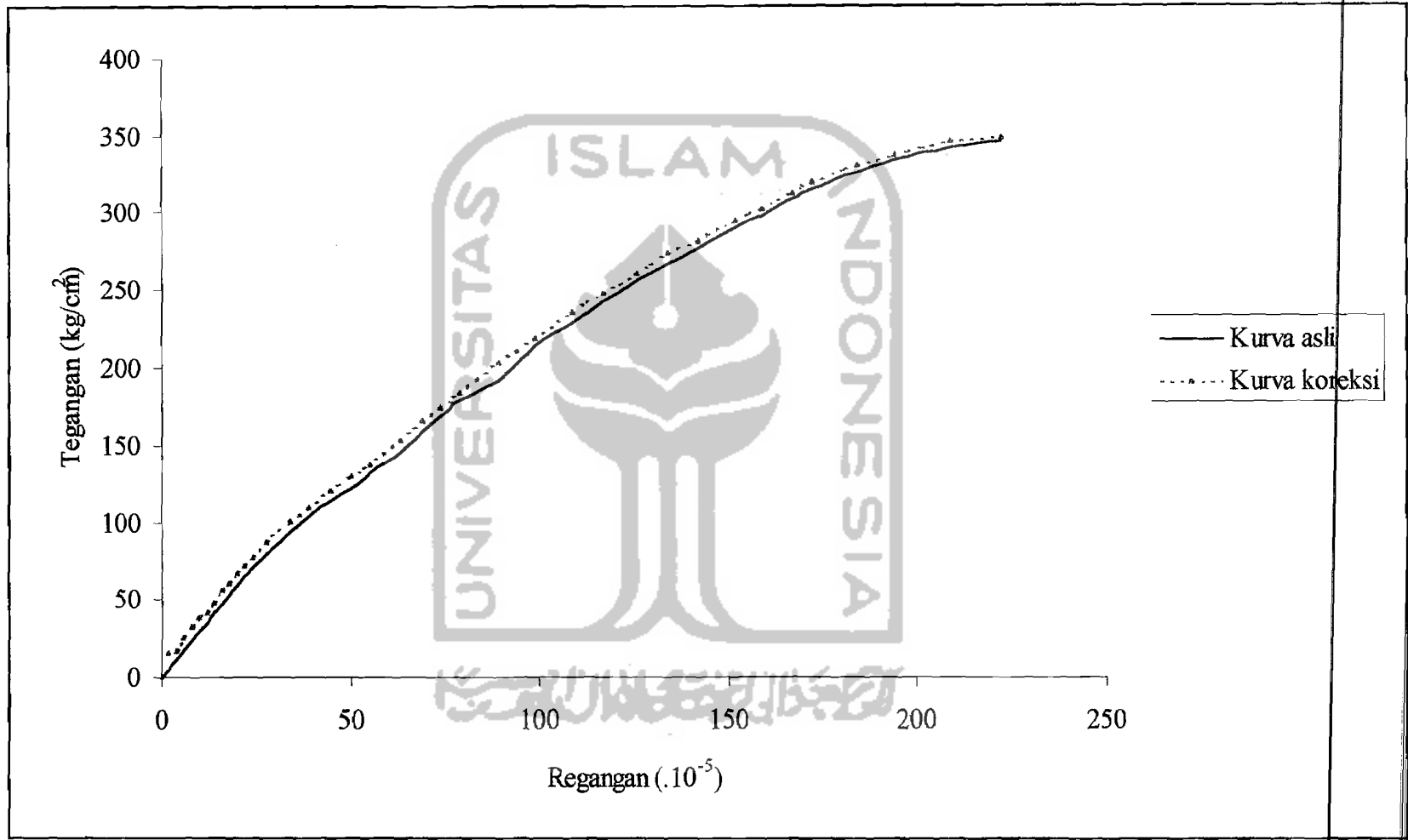
Variasi	Tegangan (kg/cm <sup>2</sup> )	Regangan (1.10 <sup>-5</sup> )
V0	375,452	251,3228
V1	346,222	222,4436
V2	316,446	260,8983
V3	332,864	267,3267
V4	328,036	279,7203

Sesuai dengan teori elastisitas, pada umumnya kemiringan kurva pada tahap awal menggambarkan nilai modulus elastisitas bahan (Dipohusodo, 1994).

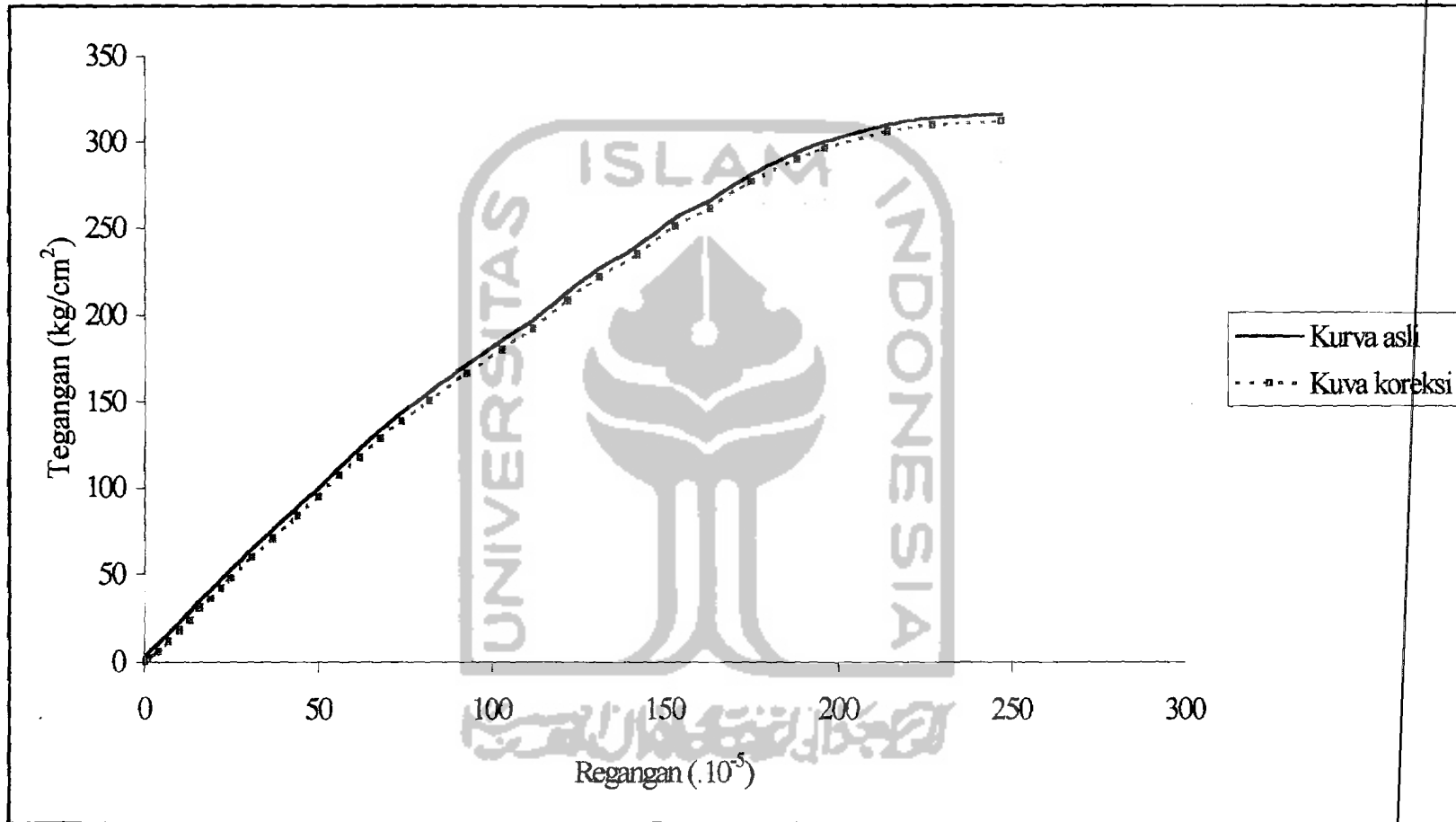
Adapun grafik regangan-tegangan beton umur 28 hari dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat dilihat pada Gambar 5.3-5.7.



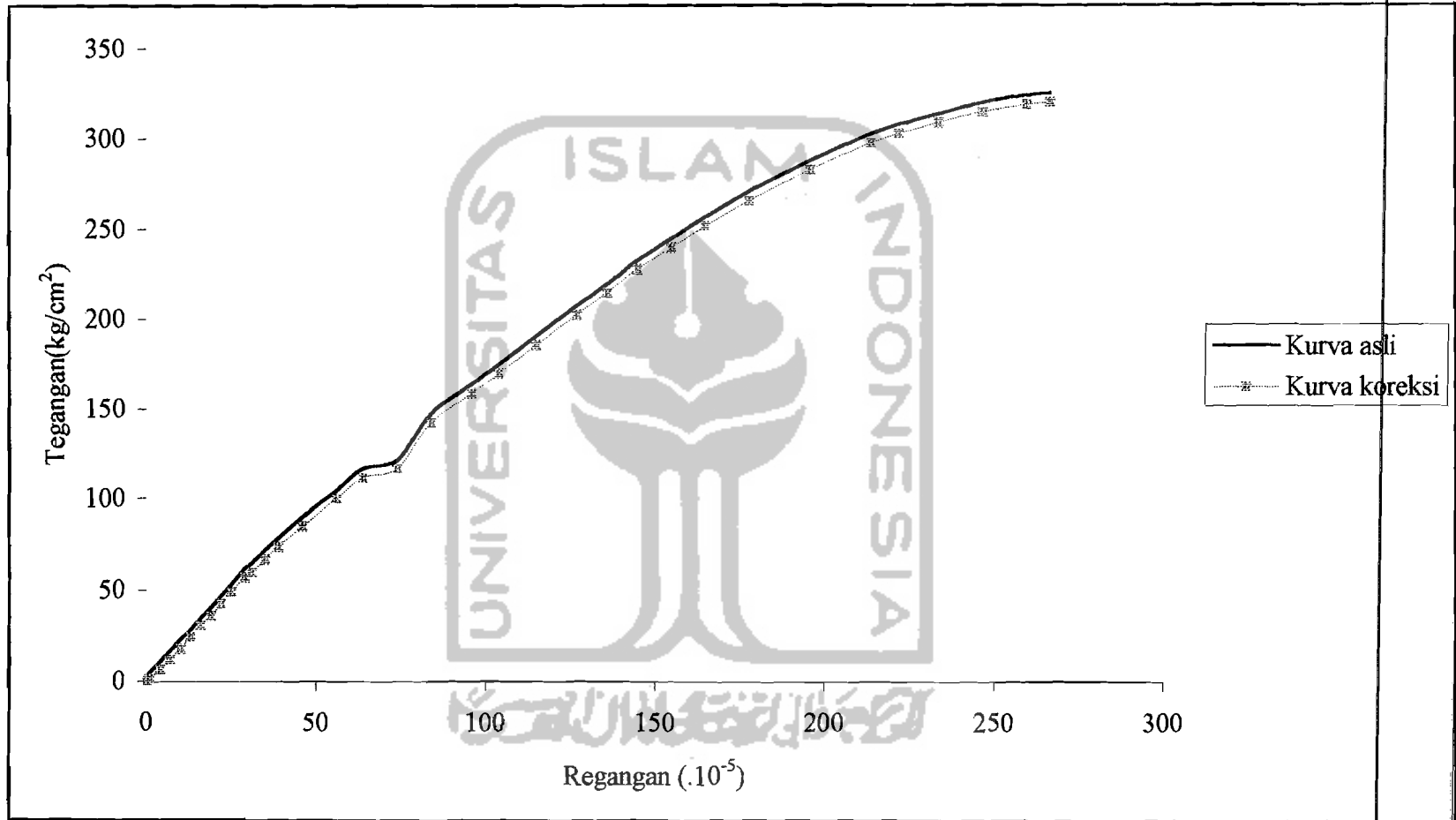
Gambar 5.3 Grafik regangan-tegangan variasi-1 (V0)



Gambar 5.4 grafik regangan-tegangan variasi-2 (V1)

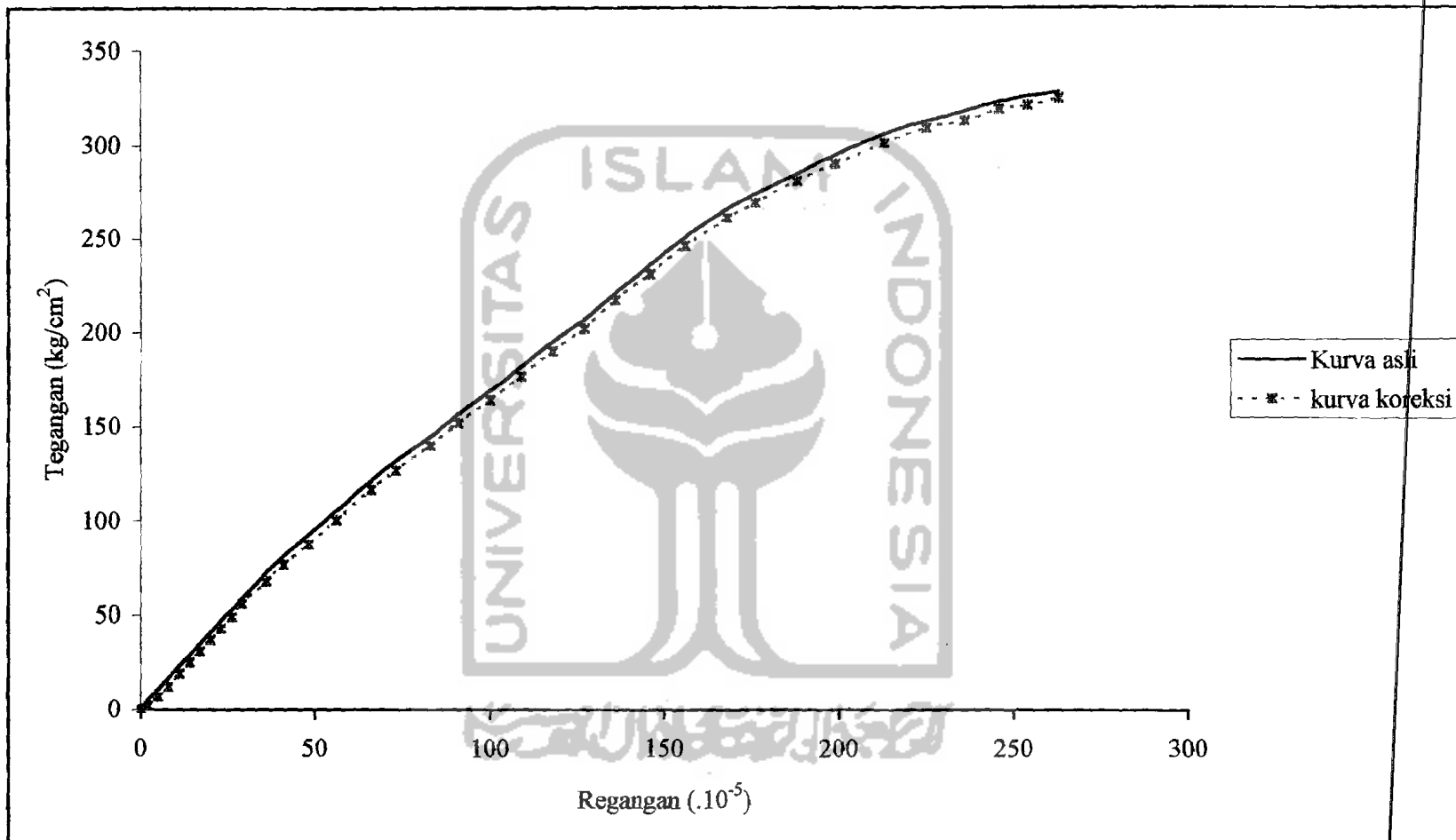


**Gambar 5.5** Grafik regangan-tegangan variasi-3 (V2)



**Gambar 5.6** Grafik regangan-t4engan variasi-4 (V3)





**Gambar 5.7** Grafik regangan-tegangan variasi-5 (V4)

Dari Gambar 5.3-5.7 dapat dihitung besarnya modulus elastis beton umur 28 hari untuk setiap variasi seperti berikut ini.

### 1. Variasi-1 (V0)

Dari Gambar 5.3 diperoleh koreksi kurva sebesar  $x = 1.10^{-4}$  (geser ke kiri) dan didapat batas sebanding,  $\sigma_p = 74,517 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 31,4153.10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{74,517}{31,4153.10^{-5}} = 23,720.10^4 \text{ kg/cm}^2$$

### 2. Variasi-2 (V1)

Dari Gambar 5.4 diperoleh koreksi kurva sebesar  $x = 0,25.10^{-5}$  (geser ke kiri), dan didapat batas sebanding,  $\sigma_p = 74,221 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 29,8805.10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{74,221}{29,8805.10^{-5}} = 24,8393.10^4 \text{ kg/cm}^2$$

### 3. Variasi-3 (V2)

Dari Gambar 5.5 diperoleh koreksi kurva sebesar  $x = 1,5.10^{-5}$  (geser ke kanan), dan didapat batas sebanding,

$$\sigma_p = 51,316 \text{ kg/cm}^2$$

$$\epsilon_p = 23,1176.10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{51,316}{23,1176.10^{-5}} = 22,1978.10^4 \text{ kg/cm}^2$$

## 4. Variasi-4 (V3)

Dari Gambar 5.6 didapat koreksi sebesar  $x = 1,5 \cdot 10^{-5}$  (geser ke kanan), dan didapat batas sebanding,  $\sigma_p = 50,776 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 25,4125 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{50,776}{25,4125 \cdot 10^{-5}} = 19,9807 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

## 5. Variasi-5 (V4)

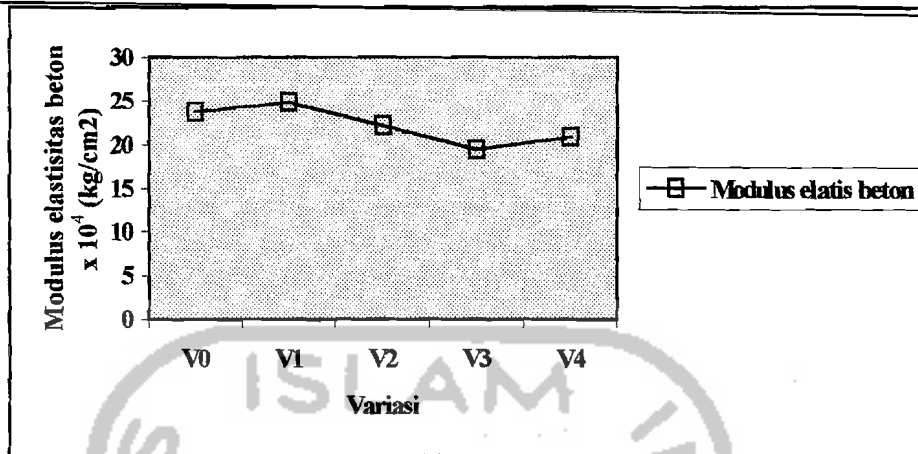
Dari Gambar 5.7 didapat nilai koreksi ( $x$ ) =  $0,5 \cdot 10^{-5}$  (geser ke kanan), dan diperoleh batas sebanding,  $\sigma_p = 63,305 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 30,3032 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{63,305}{30,3032 \cdot 10^{-5}} = 20,8905 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 5.11 Modulus Elastis Beton umur 28 hari

Variasi	Modulus Elastis Beton $\times 10^4 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
V0	23,7201
V1	34,8393
V2	22,1978
V3	19,4125
V4	20,8905



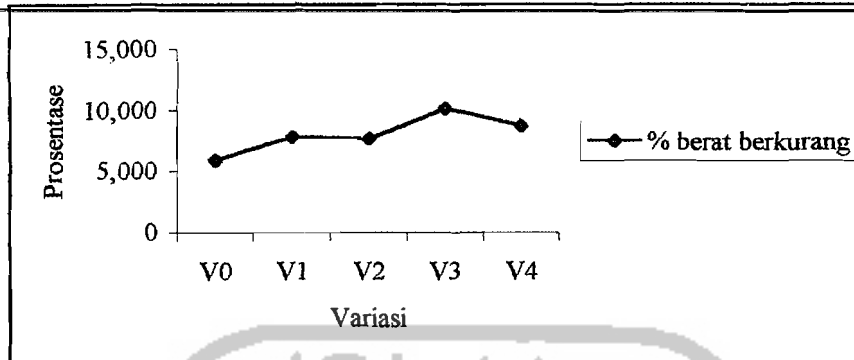
Gambar 5.8 Grafik modulus elastis beton umur 28 hari

#### 5.3.4 Ketahanan Terhadap Cuaca Pada Beton

Pengujian ketahanan terhadap cuaca pada beton dilakukan terhadap beton umur 28 hari, dengan sampel sebanyak 5 (lima) buah untuk setiap variasi. Adapun hasil dari pengujian ketahanan terhadap cuaca pada beton tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Prosentasi rata-rata hasil uji ketahanan terhadap cuaca pada beton

Variasi	Berat rata-rata (gr)		Rata-rata berat berkurang (%)
	awal	akhir	
V0	583,04	550,76	5,872
V1	595,80	545,06	7,844
V2	567,26	523,78	7,670
V3	558,30	500,21	10,142
V4	545,66	498,32	8,706



**Gambar 5.9** Grafik hasil ketahanan cuaca pada beton

## 5.4 Pembahasan

Sebelum ditarik kesimpulan, perlu dilakukan terlebih dahulu pembahasan mengenai pelaksanaan dan hasil yang diperoleh dari penelitian berdasarkan teori yang melandasi. Hal-hal yang perlu dibahas dalam penelitian ini yaitu mengenai mutu pekerjaan, berat volume beton, kuat tekan beton, modulus elastis beton, ketahanan beton terhadap cuaca serta pelaksanaan pekerjaan.

### 5.4.1 Pengendalian Mutu Pekerjaan

Beton dari hasil pengujian perlu diperiksa sebelumnya dengan perkiraan variasi kuat tekan beton dari keseluruhan sampel yang diuji. Semakin baik mutu pelaksanaan, maka akan semakin kecil nilai deviasi standarnya. Untuk itu sebelum melaksanakan seluruh rangkaian penelitian perlu memperhatikan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi hasil yang akan dicapai.

Jumlah benda uji yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 12 buah untuk setiap variasi, yang seharusnya 20 buah sebagaimana yang disyaratkan.

Walau demikian, karena dalam penelitian menggunakan metode takaran coba-coba tanpa perencanaan mutu beton dan standar deviasi sebelumnya, maka penggunaan rumus (3.2) mengenai deviasi standar masih dapat digunakan untuk mengetahui pengendalian mutu pekerjaan ini.

Dari hasil penelitian diperoleh standar deviasi pada 5 (lima) macam variasi agregat campuran kerikil dan pecahan genteng "Soka" yaitu untuk variasi -1 (V0) sebesar  $23,37 \text{ kg/cm}^2$ , variasi-2 (V1) sebesar  $27,01 \text{ kg/cm}^2$ , variasi-3 (V2) sebesar  $27,12 \text{ kg/cm}^2$ , variasi-4 (V3) sebesar  $20,28 \text{ kg/cm}^2$ , variasi-5 (V4) sebesar  $23,01 \text{ kg/cm}^2$ . Perbedaan nilai standar deviasi yang dihasilkan dalam penelitian ini disebabkan perbedaan waktu pengerjaan dan kondisi cuaca yang tidak sama.

Nilai standar deviasi hasil penelitian ini apabila disesuaikan dengan nilai-nilai yang terdapat pada Tabel 3.2, maka mutu pelaksanaan pekerjaan pada penelitian ini dapat dikategorikan memuaskan karena kurang dari  $28 \text{ kg/cm}^2$ .

#### 5.4.2 Berat Jenis Beton

Berat jenis beton sangat dipengaruhi oleh berat jenis bahan-bahan penyusunnya. Sehingga apabila bahan penyusunnya memiliki berat jenis yang besar, maka beton yang dihasilkan akan memiliki berat jenis yang besar pula dan demikian juga sebaliknya.

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dalam penelitian ini, beton dengan agregat variasi campuran kerikil dan pecahan genteng "Soka" memiliki berat jenis rata-rata dari semua umurnya yaitu untuk V0 (100%kerikil) sebesar  $2,348 \text{ gr/cm}^3$ , V-1 (75% kerikil-25% genteng) sebesar  $2,315 \text{ gr/cm}^3$ , V-2 (50%kerikil - 50%genteng) sebesar  $2,244 \text{ gr/cm}^3$ , V-3 (25%kerikil -

75% genteng) sebesar  $2,226 \text{ gr/cm}^3$ , V-4 (100% genteng) sebesar  $2,180 \text{ gr/cm}^3$ , sebagaimana terlihat pada Tabel 6.8 dan Gambar 6.1. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa terjadi perubahan yang begitu nyata, meskipun mengalami penurunan pada setiap variasinya. Sehingga beton yang dihasilkan dalam penelitian ini tidak dapat dikategorikan ke dalam beton ringan yang memiliki berat jenis berkisar antara 1,4 sampai  $2,0 \text{ gr/cm}^3$  (Neville, 1975).

#### 5.4.3 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan suatu beton dipengaruhi oleh komposisi dan kekuatan dari bahan-bahan penyusunnya.

Dalam penelitian ini nilai kuat tekan rata-rata beton yang dihasilkan dari variasi-1 (V0) dengan menggunakan agregat kasar kerikil 100% digunakan sebagai pembanding untuk variasi-variasi berikutnya.

Kuat tekan rata-rata beton yang dihasilkan pada variasi-2 (V1), yaitu dengan penggunaan pecahan genteng "Soka" sebanyak 25% dari kebutuhan agregat kasar, mengalami penurunan nilai kuat tekan rata-ratanya bila dibandingkan dengan kuat tekan rata-rata beton pada variasi-1 (V0). Begitu juga pada variasi-3 (V2) yang menggunakan agregat campuran 50% kerikil dan 50% pecahan genteng "Soka" serta pada variasi-4 (V3) yang mengurangi kebutuhan kerikil sampai 25% dan menggunakan pecahan genteng "Soka" sebanyak 75%, dan juga pada variasi-5 (V4) yang menggunakan pecahan genteng "Soka" sebanyak 100%, didapatkan nilai kuat tekan rata-ratanya mengalami penurunan bila dibandingkan dengan nilai kuat tekan rata-rata variasi sebelumnya. Penurunan nilai kuat tekan rata-rata tersebut sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan Gambar 5.2.

Dari Tabel 5.9 dan Gambar 5.2 dapat dilihat pula bahwa beton yang dibuat dengan menggunakan 100% pecahan genteng "Soka" sebagai agregat kasarnya, nilai kuat tekan rata-rata yang dihasilkan lebih tinggi bila dibandingkan dengan nilai kuat tekan rata-rata beton yang menggunakan 75% pecahan genteng "Soka" dalam agregat kasarnya dan bahkan mendekati nilai kuat tekan rata-rata pada penggunaan pecahan genteng "Soka" sebanyak 50% dalam agregat kasarnya.

Kuat tekan rata-rata beton yang dihasilkan dari penggunaan campuran kerikil dan pecahan genteng "Soka" sebagai agregat kasarnya dengan menggunakan metode coba-coba dan nilai slump sebesar 5cm mengalami penurunan. Penurunan nilai kuat tekan rata-rata pada beton tersebut dimungkinkan antara lain disebabkan oleh hal-hal seperti berikut ini.

1. Pada variasi V1, V2 dan V3 menggunakan agregat kasar berupa campuran kerikil dan pecahan genteng "Soka" yang masing-masing memiliki berat jenis yang berbeda yaitu  $2,5 \text{ gr/cm}^3$  dan  $2,22 \text{ gr/cm}^3$ . Selain itu tingkat keausan pecahan genteng "Soka" yang lebih besar dibandingkan dengan kerikil menjadikan kerikil memiliki kekuatan yang lebih besar dibanding pecahan genteng "Soka". Karena pada umumnya penyusun beton 60%-80% berupa agregat kasar, sehingga penggunaan material dengan tingkat keausan yang tinggi atau kekuatan yang rendah akan menyebabkan kuat tekan rata-rata pada beton yang dihasilkan jadi menurun. Semakin banyak penggunaan pecahan genteng pada campuran kerikil dan pecahan genteng "Soka", menyebabkan kecenderungan akan semakin menurun kuat tekan rata-rata beton yang dihasilkan.



2. Pada variasi-5 (V4) yang menggunakan pecahan genteng “soka” (tanpa kerikil) sebagai agregat kasarnya, memiliki nilai kuat tekan rata-rata yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan pecahan genteng “Soka” sebanyak 75% dan bahkan hampir sebanding pada penggunaan pecahan genteng “Soka” sebanyak 50%. Hal tersebut dimungkinkan adanya penyebaran gradasi pecahan genteng “Soka” yang tidak merata, yaitu terjadi pemisahan antara ukuran kecil dan besar pada pecahan genteng yang disebabkan tidak dilakukan pencampuran secara merata terlebih dahulu sebelum dilakukan pembuatan benda uji.

Penurunan nilai kuat tekan beton untuk setiap umur pada semua variasi dapat dilihat pada Tabel 5.1- 5.4.

#### **5.4.4 Modulus Elastisitas Beton**

Modulus elastisitas merupakan tolok ukur sifat elastis suatu bahan, yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per-satuan panjang.

Kurva regangan-tegangan berbentuk lengkung menandakan nilai regangan tidak berbanding lurus dengan nilai tegangannya pada tegangan tinggi, sebagaimana terlihat pada gambar 5.3 – 5.7. Hal ini berarti beton tidak sepenuhnya bersifat elastis.

Selain nilai modulus elastis yang diperoleh dari hitungan secara grafis, dapat juga nilai modulus elastis dihitung dengan menggunakan rumus empiris yang diberikan oleh ACI-8.5.1 (rumus 3.5), sebagaimana telah disebutkan dalam

landasan teori. Adapun nilai modulus elastis dari masing-masing variasi dapat dilihat pada tabel berikut ini.

**Tabel 5.13** Modulus elastis pada pengujian kuat tekan beton umur 28 hari

Variasi	Kuat tekan rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulus elastis (x 10 <sup>4</sup> kg/cm <sup>2</sup> )	
		Grafis	Empiris
V0	351,753	23,720	29,294
V1	338,070	24,839	28,282
V2	321,287	22,198	26,152
V3	318,538	19,981	25,351
V4	326,976	20,891	24,855

Perbedaan hasil perhitungan secara grafis dengan menggunakan rumus empiris dapat terjadi, walaupun pada perhitungan secara empiris berat volume beton diikutkan, tetapi tidak memperhitungkan kekasaran benda uji. Pada kenyataannya kekasaran permukaan akan mempengaruhi kecepatan retak, dan retak akan menurunkan kekakuan hingga mengakibatkan tidak liniernya data yang diperoleh dari pembacaan dan akan mempengaruhi kurva tegangan-regangan beton.

Kelemahan lain yang menyebabkan tidak digunakannya rumus empiris adalah karena nilai modulus selain dipengaruhi oleh beban, juga dipengaruhi oleh kelembaban benda uji beton, faktor air semen (fas), umur beton dan temperatur (Nawy, 1985). Oleh karena itu wajar kiranya apabila modulus elastis yang diperoleh secara grafis lebih rendah akan tetapi lebih mendekati sempurna dan lebih cermat.

#### 5.4.4 Pelaksanaan Pekerjaan

Pada penelitian yang dilaksanakan dilaboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia ini menemukan beberapa kendala seperti hal-hal berikut ini.

1. Jumlah cetakan yang sangat terbatas, sehingga diperlukan waktu yang lebih lama.
2. Kapasitas mixer yang terbatas sehingga untuk membuat adukan beton perlu lebih hati-hati dan waktu yang lebih lama.
3. Kondisi cuaca pada saat penelitian yang terus menerus hujan, sehingga sulit untuk mendapatkan material yang SSD.
4. Sangat sulitnya mendapatkan nilai *slump* sebesar 5cm karena serapan air pecahan genteng "Soka" yang cukup besar serta basahnya material yang lain disebabkan penyimpanannya yang tidak terlindung dari hujan.

Kendala-kendala tersebut dapat sedikit diatasi dengan melakukan langkah-langkah sebagai berikut ini.

1. Pada pencampuran adukan beton dilakukan sedikit demi sedikit, dan setelah diperkirakan adukan benar-benar rata, adukan dicampur ulang sebelum akhirnya dicetak dalam cetakan silinder.
2. Untuk mendapatkan nilai *slump* sesuai dengan perencanaan, saat pencampuran adukan beton perlu menambahkan faktor air semen sampai nilai *slump* rencana didapat.