

## **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 berat jenis beton, kuat tekan beton dan modulus elastisitas beton.

#### **5.1 Hasil Penelitian**

Dalam penelitian ini perlu dibahas bahan penyusun beton itu sendiri, salah satunya adalah hasil pemeriksaan dari karakteristik bahan susun beton.

##### **5.1.1 Karakteristik Bahan Susun Beton**

Bahan yang digunakan dalam pembuatan benda uji dalam penelitian ini adalah semen portland, agregat halus, agregat kasar, air dan *fly ash*.

##### **1. Semen Portland**

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen portland yang banyak dijumpai dipasaran yang disertai dengan data sebagai berikut :

- a. berat jenis semen 3,15 gr/cm<sup>3</sup>
- b. semen tipe I merk Gresik

##### **2. Agregat Halus**

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir alami dengan data bahan sebagai berikut :

- pasir alami yang digunakan berasal dari sungai Boyong, Kabupaten Sleman
- berat jenis pasir  $2,540 \text{ gr/cm}^3$ , dan
- berat volume pasir  $1,5658 \text{ t/m}^3$
- hasil analisis modulus butir halus (mhb) dari pasir dapat ditunjukkan dengan

Tabel 5.1 sebagai berikut :

**Tabel 5.1** Gradasi pasir alam asal sungai Boyong

Lubang Ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)		Berat tertinggal (%)		Berat tertinggal (%) Kumulatif	
	I	II	I	II	I	II
Percobaan						
4.75	10,30	20,40	0,688	1,365	0,688	1,365
2.36	103,60	123,30	6,927	8,254	7,615	9,619
1.18	332,00	301,30	22,199	20,168	29,814	29,787
0.600	453,40	421,00	30,318	28,182	60,132	57,969
0.300	318,40	324,50	21,292	21,723	81,424	79,692
0.150	206,70	221,30	13,822	14,813	95,246	94,505
Pan	71,10	82,10	4,754	5,495	-----	-----
Jumlah	1495,5	1493,9	100	100	274,919	272,937
Jumlah rata-rata	1494,70		100		273,928	

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir (mhb)} &= \frac{\% \text{ berat tertinggal}}{100} \\
 &= \frac{273,928}{100} = 2,74
 \end{aligned}$$

### 3. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini berupa batu pecah dan pecahan genteng dari Godean dengan data-data sebagai berikut :

- a. batu pecah berasal dari Clereng, Kabupaten Kulon Progo
- b. berat jenis kering permukaan (SSD) batu pecah  $2,564 \text{ gr/cm}^3$
- c. berat volume (SSD) batu pecah  $1,5142 \text{ t/m}^3$
- d. pecahan genteng berasal dari Godean Sleman Yogyakarta
- e. berat volume kering permukaan (SSD) pecahan genteng  $1,2270 \text{ t/m}^3$
- f. berat jenis kering permukaan (SSD) pecahan genteng  $2,011 \text{ gr/cm}^3$
- g. keausan pecahan genteng 69,36%

### 4. Air

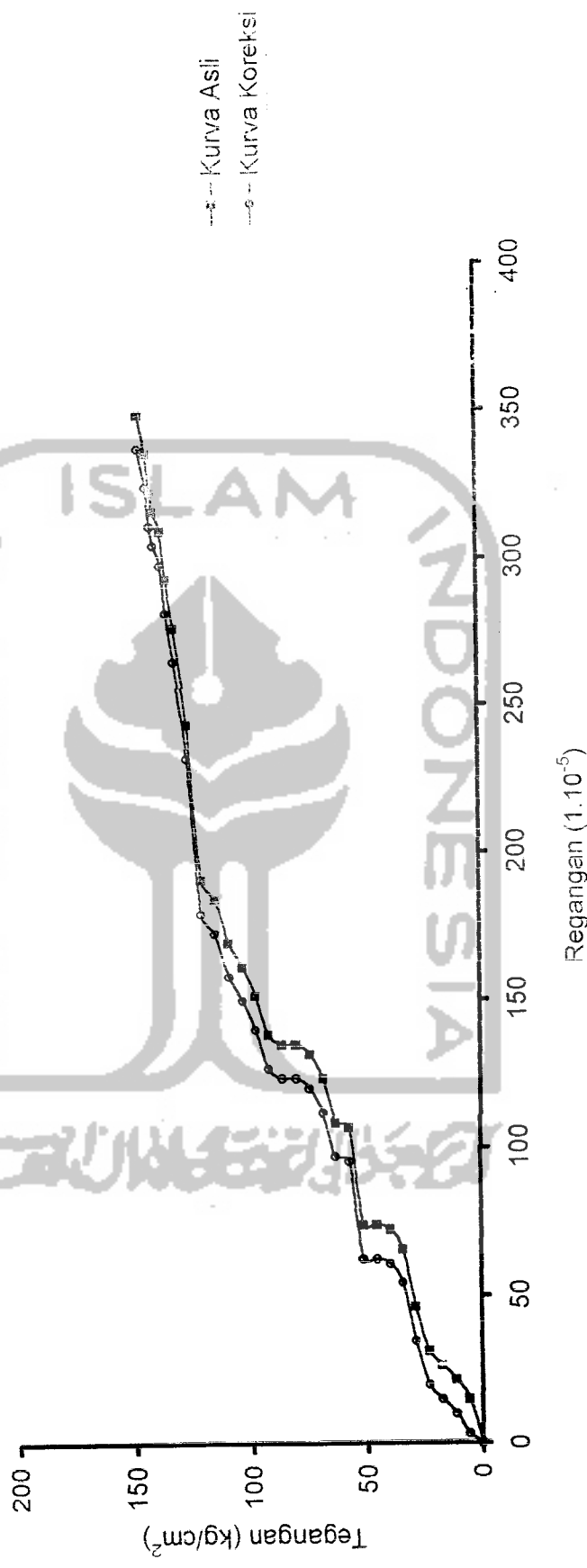
Air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari air PAM Laboratorium Bahan Kontruksi Teknik FTSP UII.

### 5. Bahan *Pozzolan*

Penelitian ini memakai bahan *pozzolan* berupa Abu terbang (*fly ash*) dari hasil limbah PT. South Pasific Viscose Purwakarta Jawa Barat yang lolos saringan nomor 200.

## 5.2 Hasil Pengujian

Untuk memperjelas hasil penelitian, berikut ini akan diuraikan ringkasan hasil pengujian dari karakteristik beton itu sendiri yang akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Pengujian kuat desak beton dilakukan terhadap benda uji umur 14 hari dan 28 hari, maka diperoleh hasil kuat desak beton yang ditunjukkan pada Tabel 5.2. sampai dengan Tabel 5.7.



Gambar 5.15 Grafik Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 100 % (V6) Umur 28 Hari

## 4. Variasi-4 ( BV4 )

Dari Gambar 5.12 diperoleh koreksi kurva sebesar  $x = 8,288 \cdot 10^{-5}$  (geser ke kiri)  
dan didapat batas sebanding,  $\sigma_p = 16,472 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 9,948 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastisitas, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{16,472 \text{ kg/cm}^2}{9,948 \cdot 10^{-5}} = 1,655 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

## 5. Variasi-5 ( BV5 )

Dari Gambar 5.13 diperoleh koreksi kurva sebesar  $x = 6,621 \cdot 10^{-5}$  (geser ke kiri)  
dan didapat batas sebanding,  $\sigma_p = 13,847 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 11,140 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastisitas, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{13,847 \text{ kg/cm}^2}{11,140 \cdot 10^{-5}} = 1,243 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

## 6. Variasi-6 ( BV6 )

Dari Gambar 5.14 diperoleh koreksi kurva sebesar  $x = 11,53 \cdot 10^{-5}$  (geser ke kiri)  
dan didapat batas sebanding,  $\sigma_p = 11,104 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 9,984 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastisitas, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{11,104 \text{ kg/cm}^2}{9,984 \cdot 10^{-5}} = 1,112 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

**Tabel 5.2** Hasil kuat desak beton *fly ash* dengan prosentase penambahan agregat kasar genteng 0%

**Beton Umur 14 Hari**

Benda Uji	Berat (kg)	Bj (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat tekan rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
1	13,297	2,417	625	355,889	260,291
2	12,945	2,417	570	328,907	
3	13,110	2,440	410	235,013	
4	12,641	2,341	275	156,587	
5	12,722	2,352	390	255,039	

**Beton Umur 28 Hari**

Benda Uji	Berat (kg)	Bj (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat tekan rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
1	12,900	2,432	725	418,356	378,567
2	12,600	2,378	515	296,379	
3	13,200	2,449	675	389,489	
4	12,800	2,376	715	411,514	
5	12,900	2,403	660	379,832	

**Tabel 5.3** Hasil kuat desak beton *fly ash* dengan prosentase penambahan agregat kasar genteng 20%

**Beton Umur 14 Hari**

Benda Uji	Berat (kg)	Bj (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat tekan rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
1	12,739	2,324	360	206,359	206,563
2	12,132	2,286	337	194,459	
3	12,464	2,297	390	222,072	
4	12,204	2,297	355	202,147	
5	12,335	2,318	360	207,735	

**Beton Umur 28 Hari**

Benda Uji	Berat (kg)	Bj (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat tekan rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
1	12,500	2,312	440	253,898	247,820
2	12,400	2,303	490	297,757	
3	12,300	2,277	420	240,743	
4	12,400	2,275	405	229,699	
5	12,200	2,271	410	235,013	

**Tabel 5.4** Hasil kuat desak beton *fly ash* dengan prosentase penambahan agregat kasar genteng 40%

**Beton Umur 14 Hari**

Benda Uji	Berat (kg)	Bj (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat tekan rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
1	11,944	2,218	300	170,822	194,928
2	11,985	2,219	350	199,292	
3	12,062	2,222	380	217,820	
4	11,974	2,245	310	178,878	
5	12,225	2,253	365	207,837	

**Beton Umur 28 Hari**

Benda Uji	Berat (kg)	Bj (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat tekan rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
1	11,900	2,215	400	227,773	213,986
2	11,900	2,201	360	204,992	
3	11,900	2,222	350	201,964	
4	11,900	2,226	420	242,354	
5	11,850	2,197	340	192,837	



**Tabel 5.5** Hasil kuat desak beton *fly ash* dengan prosentase penambahan agregat kasar genteng 60%

**Beton Umur 14 Hari**

<b>Benda Uji</b>	<b>Berat (kg)</b>	<b>Bj (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Beban (KN)</b>	<b>Kuat tekan (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Kuat tekan rata-rata (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1	11,535	2,161	320	184,649	166,121
2	11,748	2,172	257	147,317	
3	11,625	2,178	302	173,014	
4	11,430	2,137	280	160,502	
5	11,780	2,181	286	165,029	

**Beton Umur 28 Hari**

<b>Benda Uji</b>	<b>Berat (kg)</b>	<b>Bj (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Beban (KN)</b>	<b>Kuat tekan (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Kuat tekan rata-rata (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1	11,700	2,171	300	171,964	180,703
2	11,600	2,162	335	192,022	
3	11,550	2,166	325	187,535	
4	11,800	2,189	310	178,878	
5	11,400	2,143	300	173,116	

**Tabel 5.6** Hasil kuat desak beton *fly ash* dengan prosentase penambahan agregat kasar genteng 80%

**Beton Umur 14 Hari**

Benda Uji	Berat (kg)	Bj (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat tekan rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
1	11,145	2,095	270	155,801	148,908
2	11,318	2,079	230	130,972	
3	11,235	2,084	270	153,742	
4	11,234	2,099	265	152,508	
5	11,115	2,077	265	151,498	

**Beton Umur 28 Hari**

Benda Uji	Berat (kg)	Bj (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat tekan rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
1	11,300	2,117	260	150,029	154,792
2	11,300	2,124	255	147,144	
3	11,200	2,113	272	156,954	
4	11,100	2,094	275	158,687	
5	11,300	2,112	280	161,145	

**Tabel 5.7** Hasil kuat desak beton *fly ash* dengan prosentase penambahan agregat kasar genteng 100%

**Beton Umur 14 Hari**

Benda Uji	Berat (kg)	Bj (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat tekan rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
1	11,295	2,061	270	153,742	131,492
2	11,115	2,062	215	124,068	
3	10,885	2,039	220	126,107	
4	11,140	2,036	217	122,589	
5	11,105	2,046	230	130,972	

**Beton Umur 28 Hari**

Benda Uji	Berat (kg)	Bj (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban (KN)	Kuat tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat tekan rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10,700	2,018	247	142,525	141,942
2	11,100	2,019	250	142,352	
3	11,000	2,035	245	140,995	
4	11,000	2,044	236	136,182	
5	11,200	2,034	255	147,144	

### 5.2.1 Karakteristik Beton

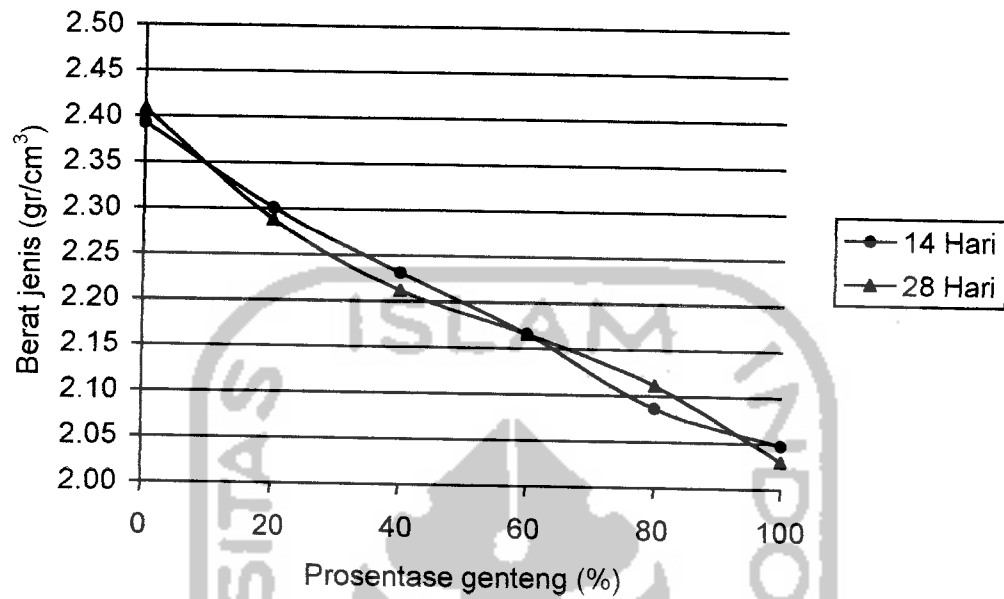
Sebagaimana telah disebutkan pada Bab I, bahwa penelitian pada tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik beton yang menggunakan campuran pecahan batu dan pecahan genteng dari Godean, maka akan dijelaskan hasil pengujian dari karakteristik beton yaitu berat jenis beton, kuat tekan beton dan modulus elastisitas beton.

#### a. Berat Jenis Beton

Sebagaimana telah disebutkan dalam tujuan penelitian adalah untuk mengetahui karakteristik fisik beton, diantaranya yaitu berat jenis beton yang dihasilkan. Adapun hasil penelitian 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 (gr/cm <sup>3</sup> )	
	14 hari	28 hari
BV1	2,393	2,408
BV2	2,301	2,288
BV3	2,231	2,212
BV4	2,166	2,166
BV5	2,087	2,112
BV6	2,048	2,030



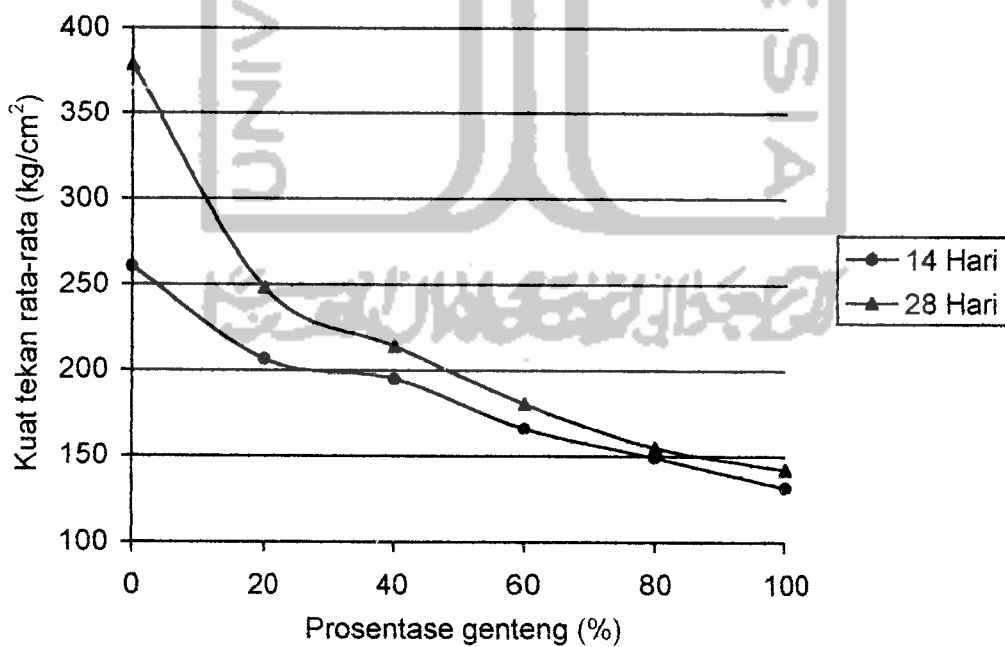
**Gambar 5.1** Grafik berat jenis rata-rata beton

#### b. Kuat Tekan Beton

Dari hasil pengujian kuat tekan beton *fly ash* dengan variasi campuran antara pecahan genteng dari Godean dan batu pecah diatas, pada Tabel 5.9 dan Gambar 5.2 didapatkan bahwa kuat tekan rata-rata semakin berkurang seiring dengan penambahan prosentase pecahan genteng pada beton tersebut.

**Tabel 5.9** Kuat tekan rata-rata beton ( fcr )

Variasi	Kuat tekan rata-rata beton umur ( kg/cm <sup>2</sup> )	
	14 hari	28 hari
BV1	260,291	378,567
BV2	206,563	247,820
BV3	194,928	213,986
BV4	166,121	180,703
BV5	148,908	154,792
BV6	131,492	141,942

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

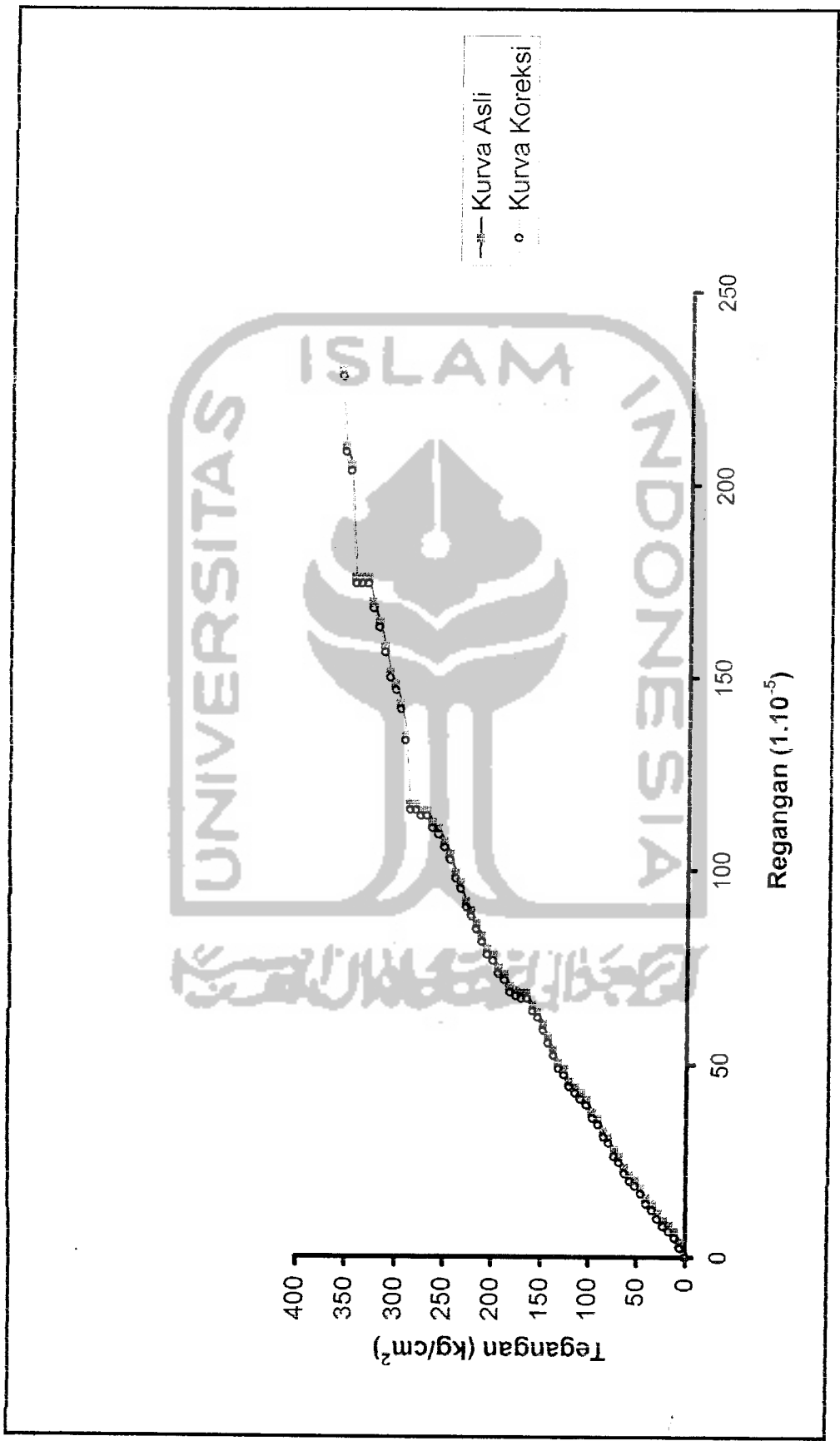
### c. Modulus Elastisitas Beton

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 dari Godean dapat dilihat pada Tabel 5.10 dan Gambar 5.3 sampai dengan Gambar 5.14.

**Tabel 5.10** Tegangan dan regangan beton pada pengujian kuat tekan beton umur 14 dan 28 hari dengan 6 (enam) variasi

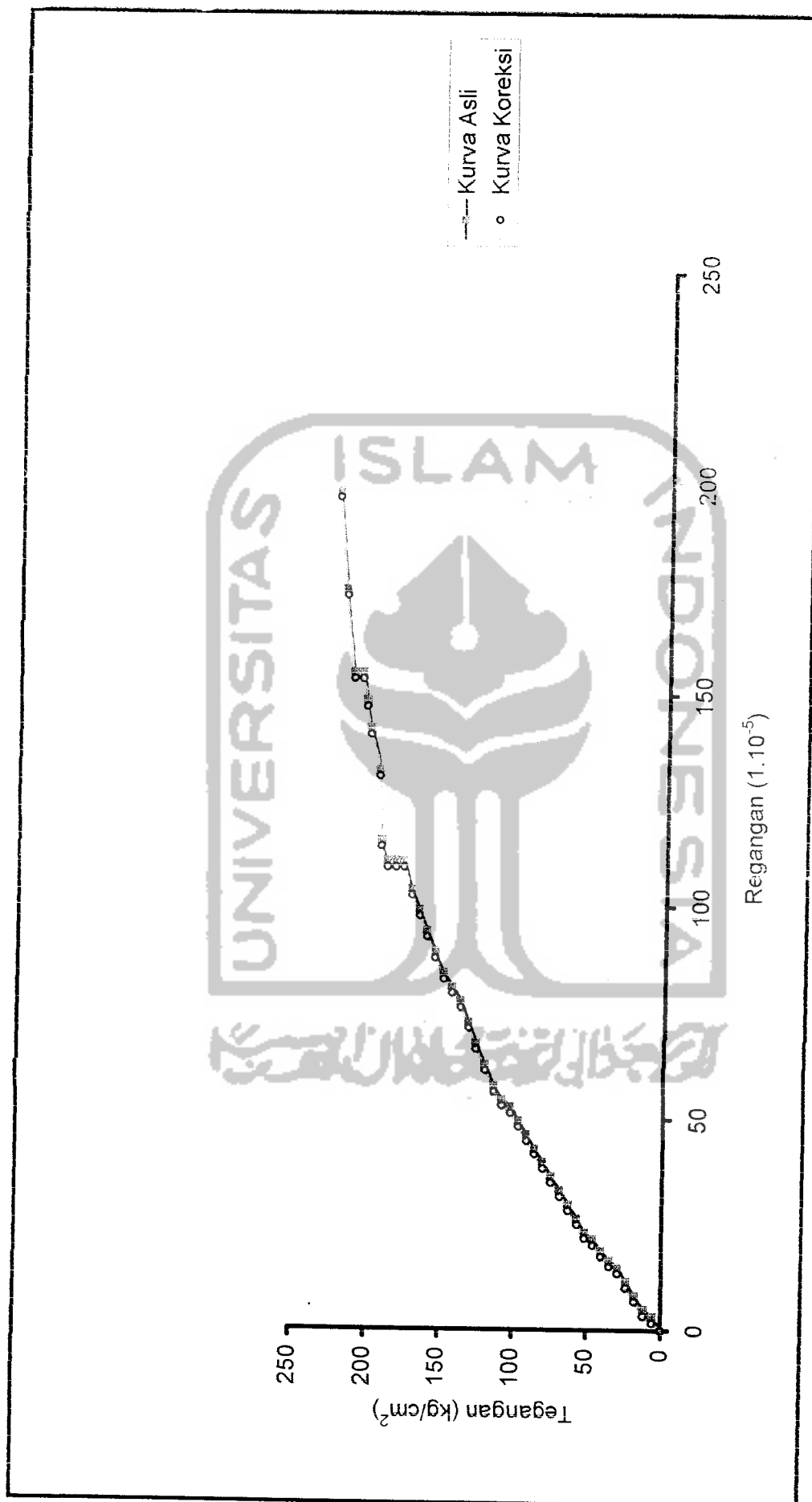
Variasi	Beton Umur 14 Hari		Beton Umur 28 Hari	
	Tegangan ( kg/cm <sup>2</sup> )	Regangan ( 1.10 <sup>-5</sup> )	Tegangan ( kg/cm <sup>2</sup> )	Regangan ( 1.10 <sup>-5</sup> )
BV1	358,252	229,492	417,126	253,165
BV2	223,550	198,020	280,423	262,110
BV3	200,090	225,464	240,233	300,826
BV4	183,915	251,656	192,148	261,936
BV5	154,601	275,748	161,566	178,808
BV6	154,108	287,582	146,674	349,259

Sesuai dengan teori elastisitas, pada umumnya kemiringan kurva pada tahap awal menggambarkan nilai modulus elastisitas bahan (*Dipohusodo, 1994*). Adapun grafik tegangan-regangan beton umur 14 dan 28 hari dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan, dapat dilihat pada Gambar 5.3 sampai dengan Gambar 5.14 berikut ini.

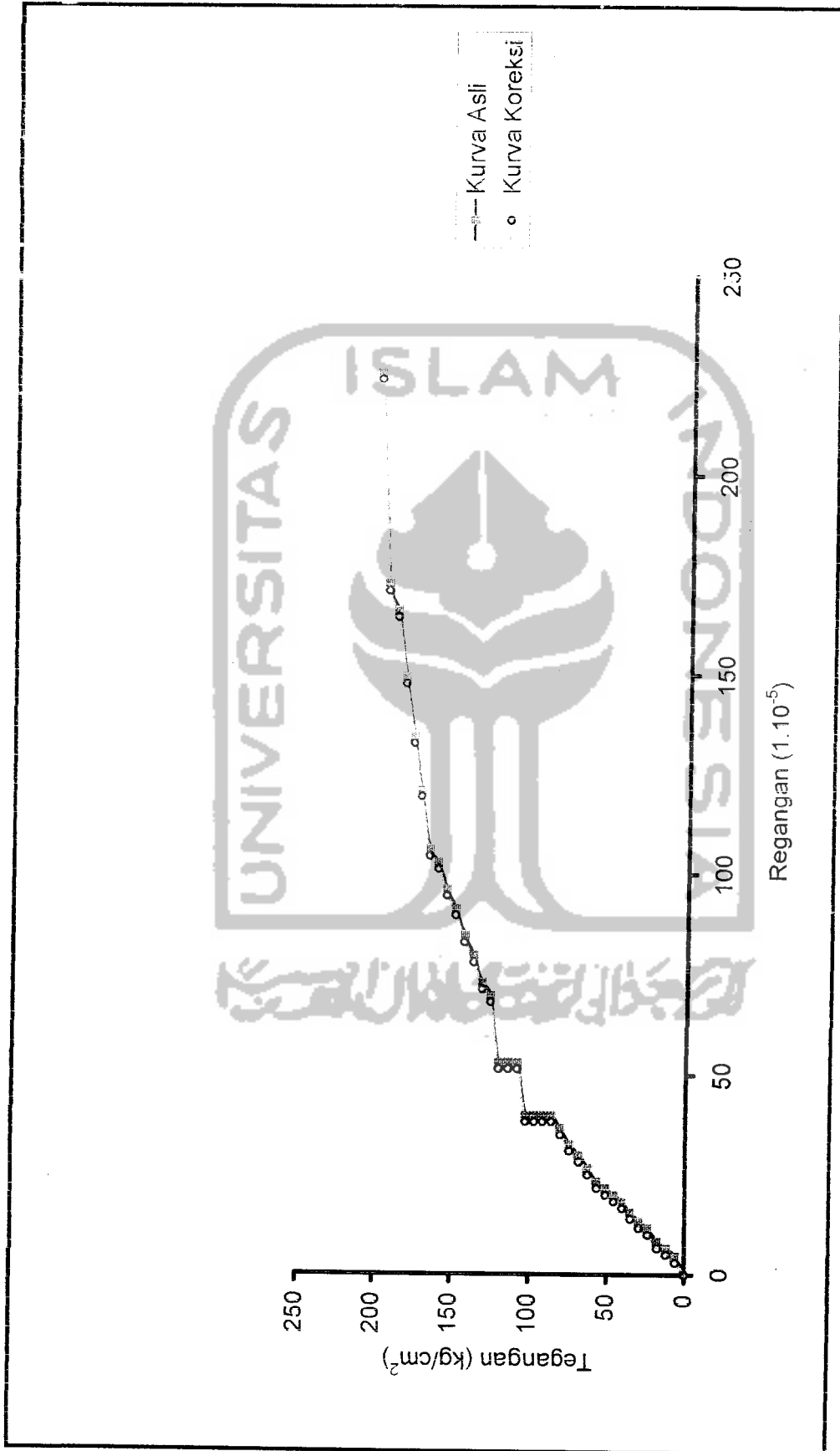


Gambar 5.3 Grafik Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 0 % (V1) Ujmur 14 Hari

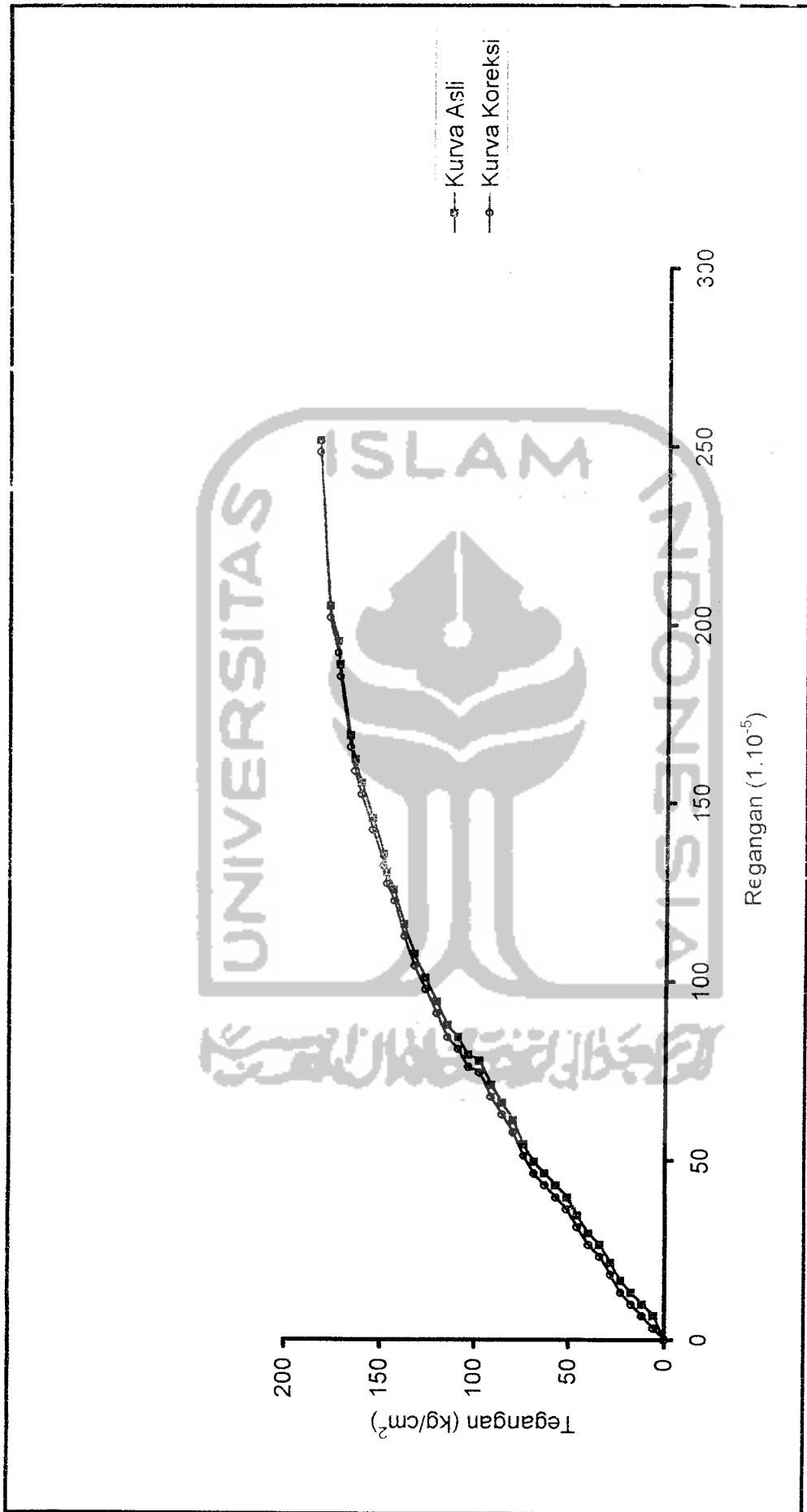




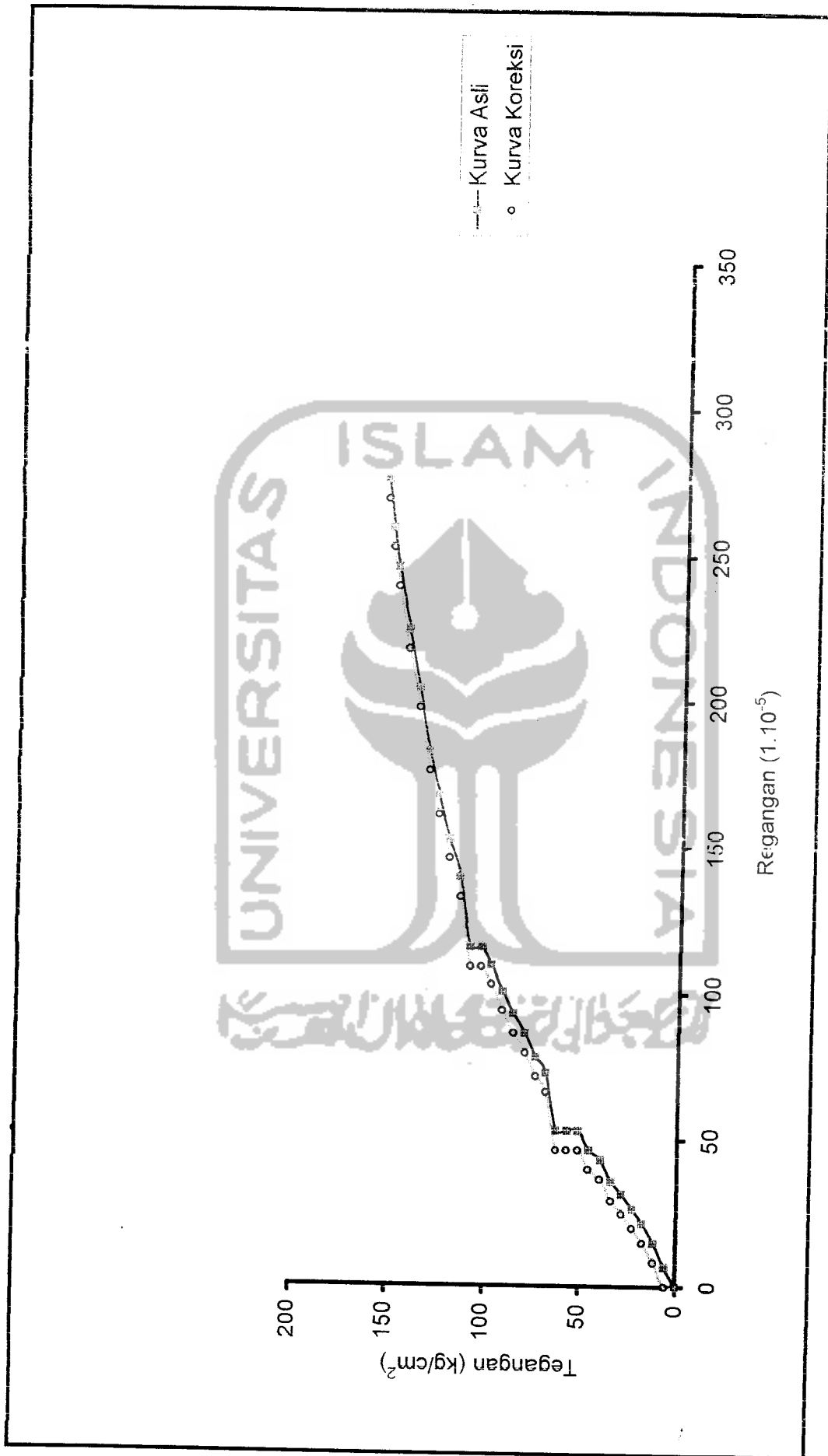
Gambar 5.4 Grafik Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 20 % (V2) Unsur 14 Hari



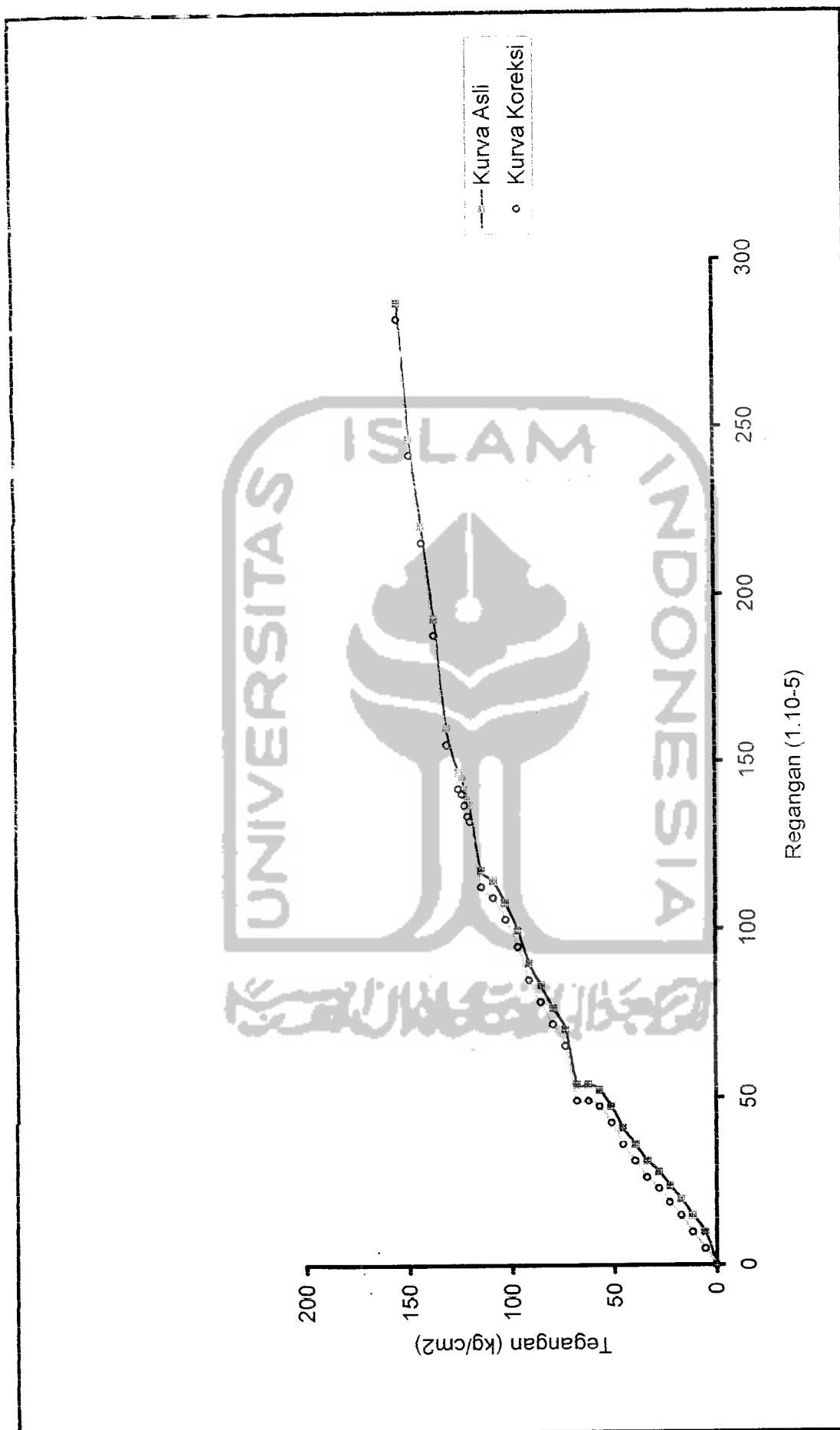
Gambar 5.5 Grafik Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 40 % (V3) Umur 14 Hari



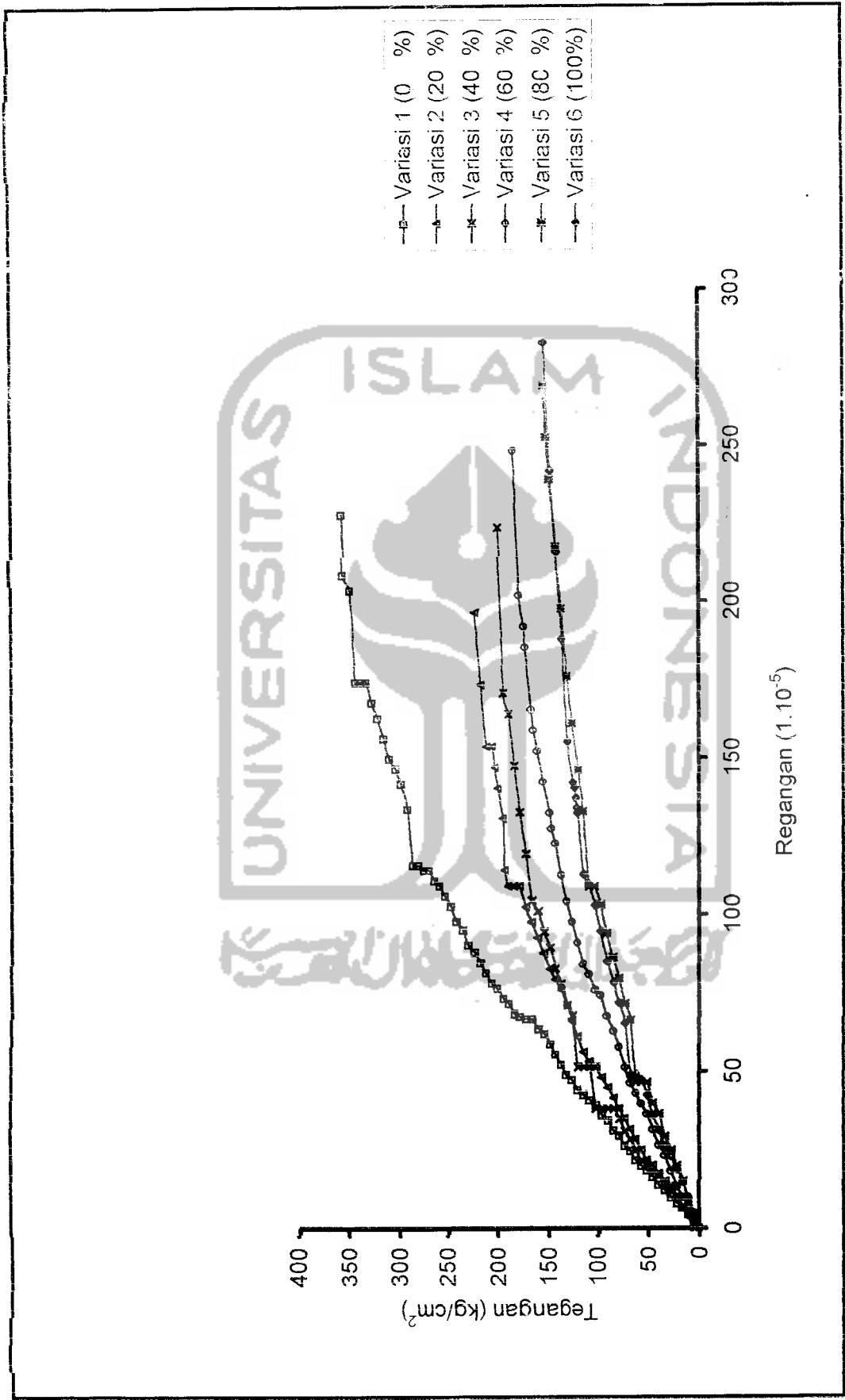
Gambar 5.6 Grafik Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 60 % (V4) Umur 14 Hari



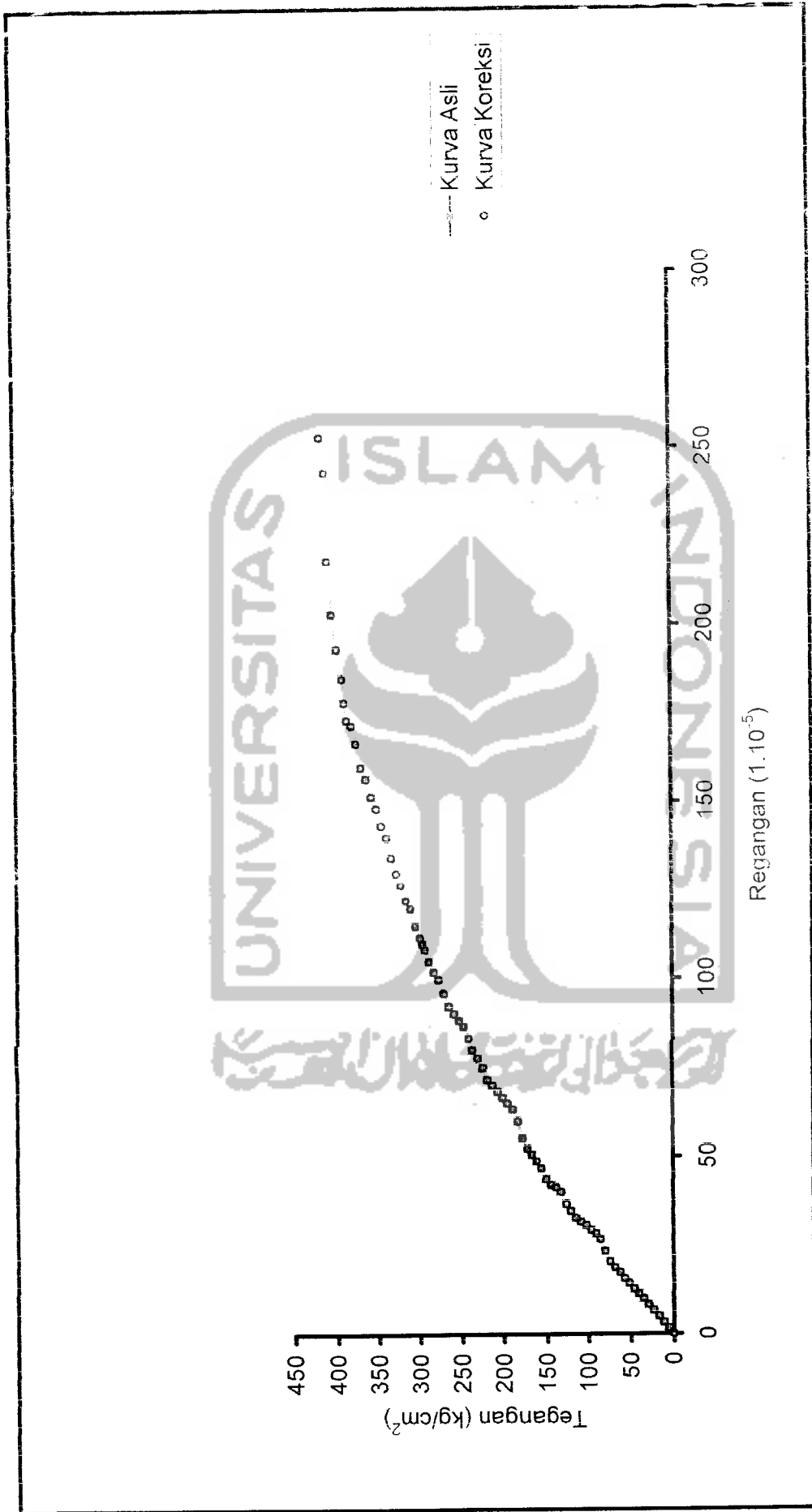
Gambar 5.7 Grafik Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 80 % (V5) Ujmur 14 Hari



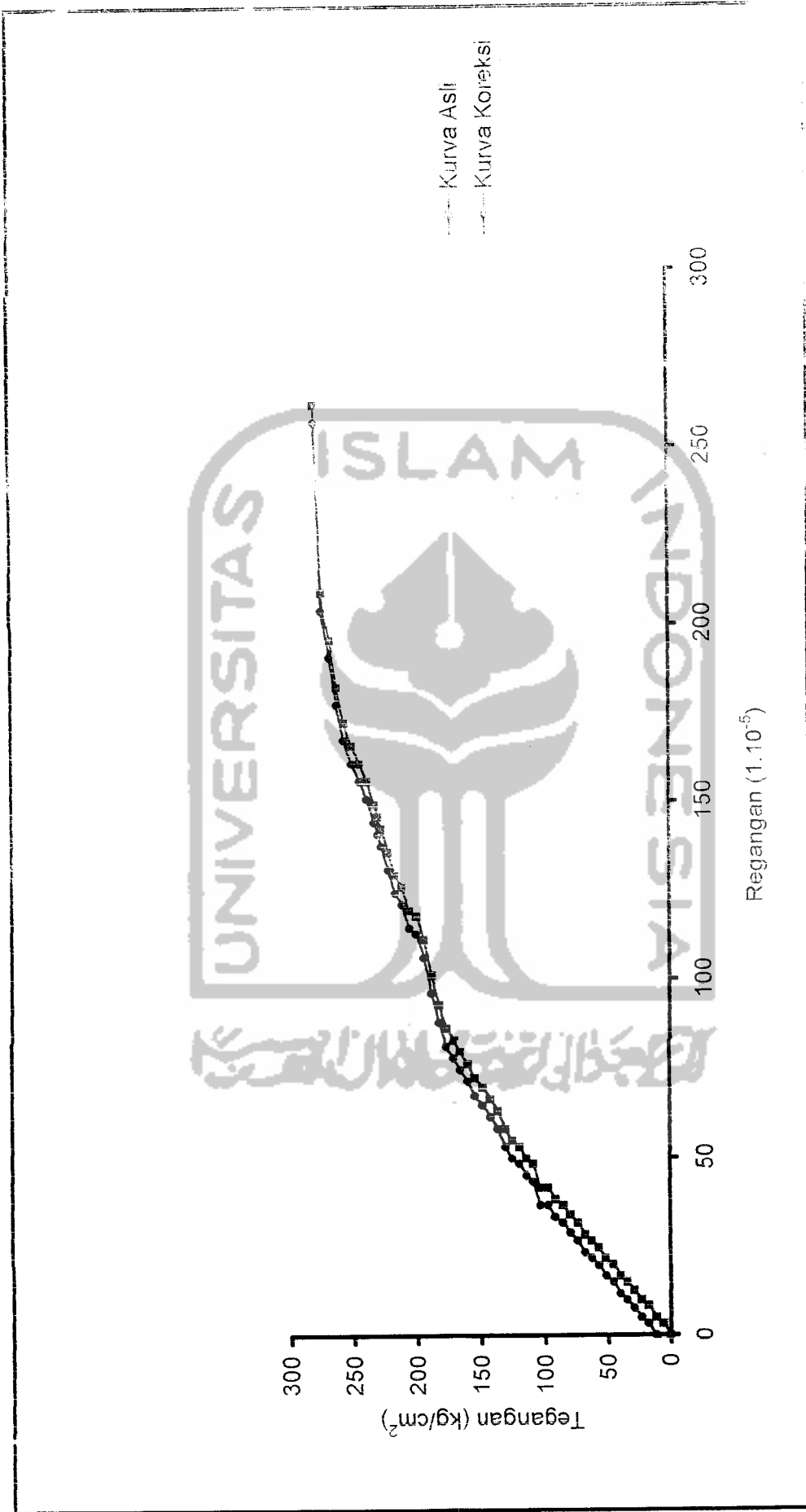
Gambar 5.8 Grafik Tegangan Regangan Dengan Prosentase Genteng 100 % (V6) Umur 14 Hari



Gambar 5.9 Grafik Tegangan Regangan Dengan Prosentase Genteng 0% sampai dengan 100% Umur 14 Hari

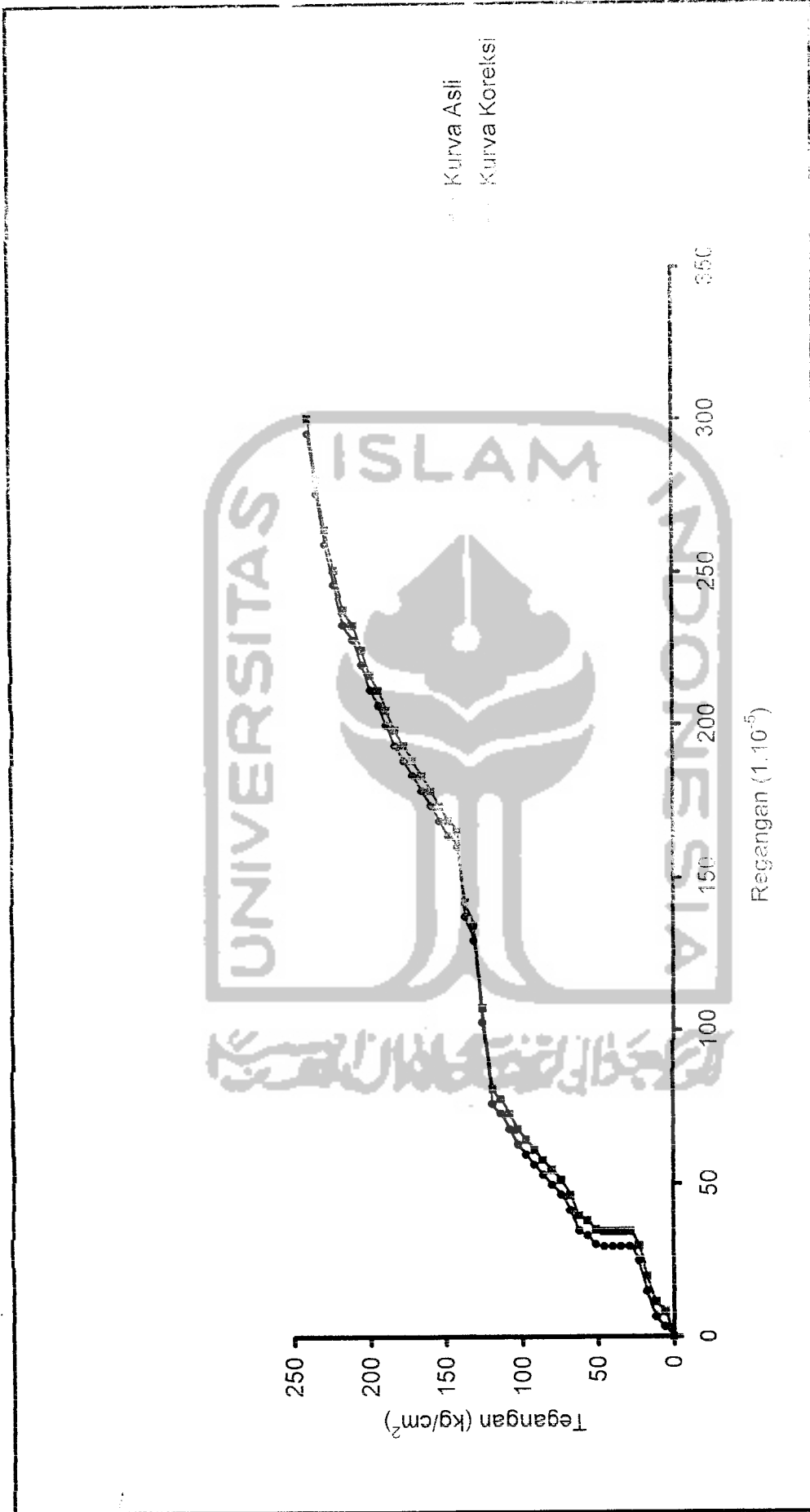


Gambar 5.10 Grafik Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Gerteng 0 % (M1) Ur: ur 28 Hari

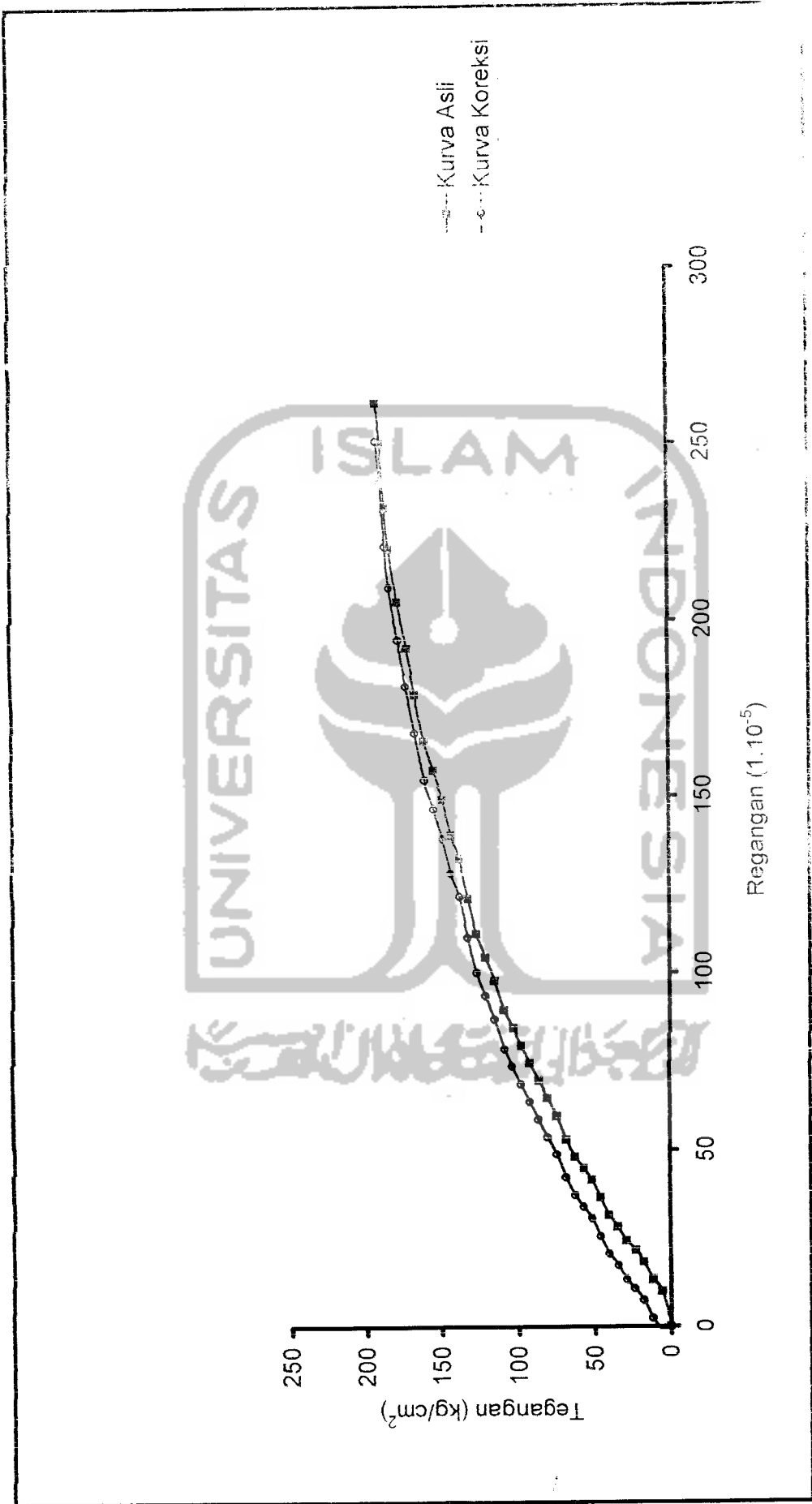


**Gambar 5.11** Grafik Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 40% (V2) Umur 28 Hari

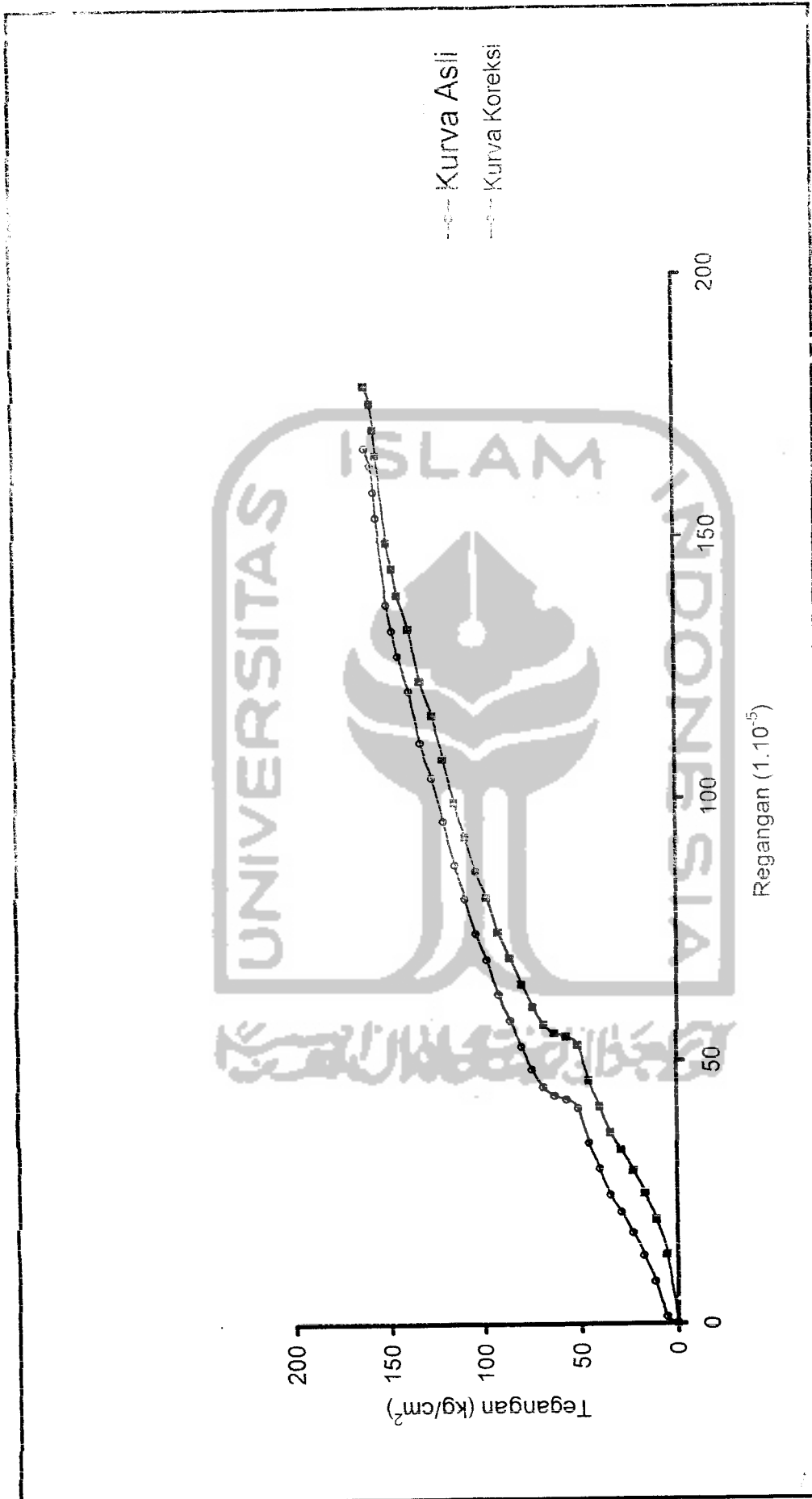




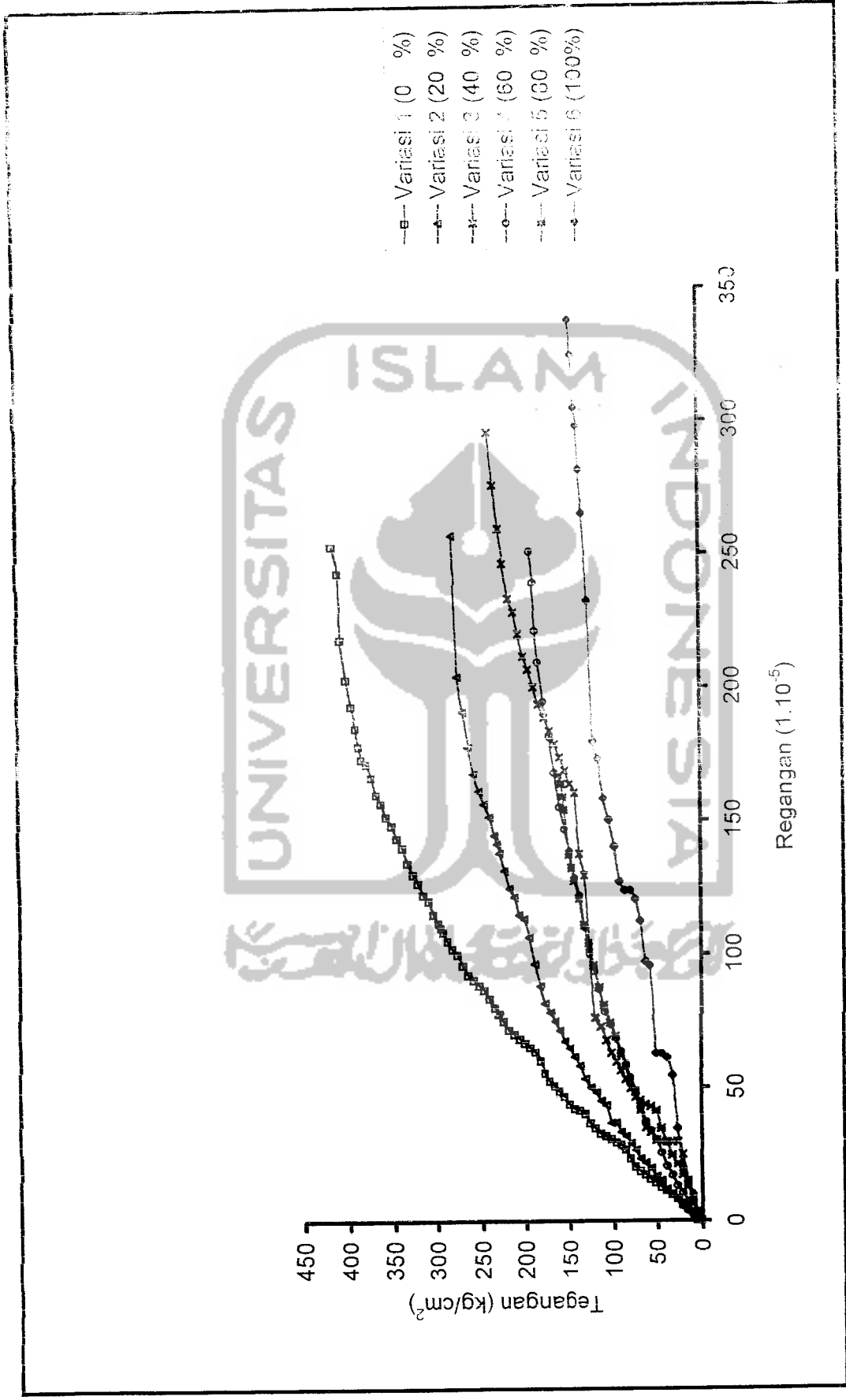
Gambar 5.12 Grafik Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 4.1 % (V3) Umur 28 Hari



Gambar 5.13 Grafik Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 10% (M4) Umur 28 Hari



Gambar 5.14 Grafik Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 80 % (V5) Umur 28 Hari



Gambar 5.16 Grafik Tegangan Regangan Dengan Prosentase Genteng 0% sampai dengan 100% Umur 28 Hari

Dari Gambar 5.9 sampai dengan Gambar 5.14 dapat dihitung besarnya modulus elastis beton umur 28 hari untuk setiap variasi seperti berikut ini.

1. Variasi-1 ( BV1 )

Dari Gambar 5.9 diperoleh koreksi kurva sebesar  $x = 0,003 \cdot 10^{-5}$  (geser ke kiri) dan didapat batas sebanding,  $\sigma_p = 74,795 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 20,317 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastisitas, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{74,795 \text{ kg/cm}^2}{20,317 \cdot 10^{-5}} = 3,681 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

2. Variasi-2 ( BV2 )

Dari Gambar 5.10 diperoleh koreksi kurva sebesar  $x = 0,282 \cdot 10^{-5}$  (geser ke kiri) dan didapat batas sebanding,  $\sigma_p = 97,290 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 41,191 \cdot 10^{-5}$$

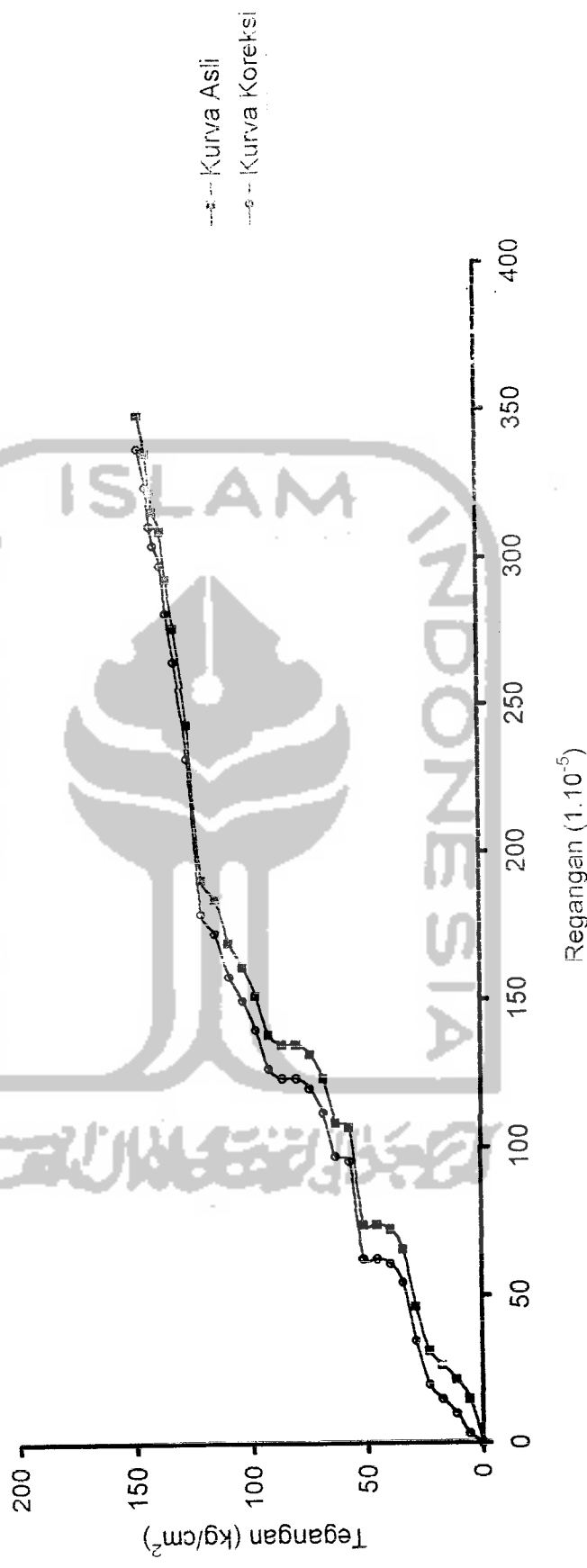
$$\text{Modulus elastisitas, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{97,290 \text{ kg/cm}^2}{41,191 \cdot 10^{-5}} = 2,362 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

3. Variasi-3 ( BV3 )

Dari Gambar 5.11 diperoleh koreksi kurva sebesar  $x = 4,877 \cdot 10^{-5}$  (geser ke kiri) dan didapat batas sebanding,  $\sigma_p = 12,440 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 6,693 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastisitas, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{12,440 \text{ kg/cm}^2}{6,693 \cdot 10^{-5}} = 1,859 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$$



Gambar 5.15 Grafik Tegangan Regangan Beton Dengan Prosentase Genteng 100 % (V6) Umur 28 Hari

## 4. Variasi-4 ( BV4 )

Dari Gambar 5.12 diperoleh koreksi kurva sebesar  $x = 8,288 \cdot 10^{-5}$  (geser ke kiri)  
dan didapat batas sebanding,  $\sigma_p = 16,472 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 9,948 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastisitas, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{16,472 \text{ kg/cm}^2}{9,948 \cdot 10^{-5}} = 1,655 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

## 5. Variasi-5 ( BV5 )

Dari Gambar 5.13 diperoleh koreksi kurva sebesar  $x = 6,621 \cdot 10^{-5}$  (geser ke kiri)  
dan didapat batas sebanding,  $\sigma_p = 13,847 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 11,140 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastisitas, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{13,847 \text{ kg/cm}^2}{11,140 \cdot 10^{-5}} = 1,243 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

## 6. Variasi-6 ( BV6 )

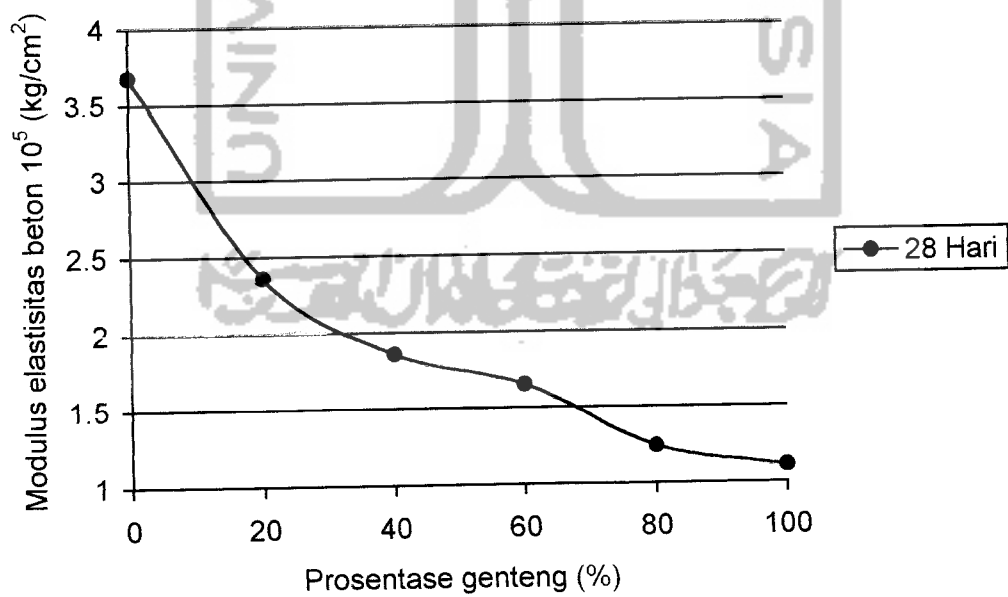
Dari Gambar 5.14 diperoleh koreksi kurva sebesar  $x = 11,53 \cdot 10^{-5}$  (geser ke kiri)  
dan didapat batas sebanding,  $\sigma_p = 11,104 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 9,984 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastisitas, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{11,104 \text{ kg/cm}^2}{9,984 \cdot 10^{-5}} = 1,112 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

**Tabel 5.11** Modulus Elastis Beton Umur 28 hari

Variasi	Modulus Elastis Beton $\times 10^5 \text{ ( kg/cm}^2 \text{ )}$
BV1	3,681
BV2	2,362
BV3	1,859
BV4	1,655
BV5	1,243
BV6	1,112



**Gambar 5.17** Grafik modulus elastis beton umur 28 hari



### 5.3 Pembahasan

Sebelum menarik 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 berat jenis, kuat tekan dan modulus elastisitas beton pada umur 28 hari.

#### 5.3.1 Berat Jenis Beton

Berat jenis beton sangat dipengaruhi oleh berat jenis bahan-bahan penyusunnya. Sehingga bila bahan penyusunnya memiliki berat jenis yang besar, maka beton yang dihasilkan akan memiliki berat jenis yang besar pula.

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dalam penelitian ini, beton dengan agregat kasar variasi campuran batu pecah dan genteng dari Godean memiliki berat jenis rata-rata pada umur 28 hari yaitu untuk BV1 (100% kerikil) sebesar 2,408  $\text{gr/cm}^3$ , BV2 (80% kerikil – 20% genteng) sebesar 2,288  $\text{gr/cm}^3$ , BV3 (60% kerikil – 40% genteng) sebesar 2,212  $\text{gr/cm}^3$ , BV4 (40% kerikil – 60% genteng) sebesar 2,166  $\text{gr/cm}^3$ , BV5 (20% kerikil – 80% genteng) sebesar 2,112  $\text{gr/cm}^3$ , BV6 (0% kerikil – 100% genteng) sebesar 2,030  $\text{gr/cm}^3$ . Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa terjadi perubahan penurunan berat jenis yang begitu nyata. Hal ini terjadi karena pada setiap variasinya terjadi penambahan agregat kasar genteng sebanyak 20% dan diketahui bahwa berat jenis genteng kondisi SSD lebih kecil dibandingkan dengan berat jenis batu pecah (SSD) yaitu sebesar 2,011  $\text{gr/cm}^3$ . Sehingga semakin besar komposisi bahan penyusun beton yang mempunyai berat jenis yang kecil maka beton yang dihasilkan akan mempunyai berat jenis yang kecil pula. Berat jenis genteng kecil terjadi karena genteng itu sendiri terbuat dari tanah liat yang dibakar sampai suhu  $\pm$

600 °C lalu suhu diturunkan secara perlahan-lahan agar genteng matang secara merata, maka kadar air yang ada akan menjadi kering, baik didalam maupun diluar permukaan genteng. Sehingga berat jenis yang dihasilkan akan menjadi kecil. Jika dibandingkan dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh *Fathurahman dan Rukhudin* dengan pecahan genteng sokka sebagai substitusi agregat kasar, maka diperoleh berat jenis dari masing-masing variasi diatas  $2,00 \text{ gr/cm}^3$ . Dalam penelitian ini berat jenis yang dihasilkan dari semua variasi diatas, lebih dari  $2,00 \text{ gr/cm}^3$  sehingga beton yang dihasilkan dalam penelitian ini yang menggunakan pecahan genteng dari Godean dan penelitian yang pernah dilakukan oleh *Fathurahman dan Rukhudin* dengan menggunakan pecahan genteng dari sokka sama-sama termasuk kedalam beton biasa.

### 5.3.2 Kuat Tekan Beton

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

Dalam penelitian ini nilai kuat tekan beton yang dihasilkan dari variasi-1 (BV1) dengan menggunakan agregat kasar kerikil 100% digunakan sebagai pembanding untuk variasi-variasi berikutnya sebesar  $378,568 \text{ kg/cm}^2$ . Kuat tekan beton yang dihasilkan pada variasi-2 (BV2) sebesar  $247,820 \text{ kg/cm}^2$ , yaitu dengan penggunaan pecahan genteng dari Godean sebanyak 20% dari kebutuhan agregat kasar, mengalami penurunan nilai kuat tekan bila dibandingkan dengan kuat tekan beton pada variasi-1 (BV1). Begitu juga pada variasi-3 (BV3) sebesar  $213,986 \text{ kg/cm}^2$  yang menggunakan agregat campuran 60% kerikil dan 40% pecahan genteng, juga pada variasi-4 (BV4) sebesar  $180,703 \text{ kg/cm}^2$  yang mengurangi kebutuhan

kerikil sampai 40% dan menggunakan pecahan genteng 60%, serta pada variasi-5 (BV5) sebesar 154,792 kg/cm<sup>2</sup> yang mengurangi kebutuhan kerikil sampai 20% dan menggunakan pecahan genteng 80%, dan juga pada variasi-6 (BV6) sebesar 141,942 kg/cm<sup>2</sup> yang menggunakan pecahan genteng dari Godean sebanyak 100% didapatkan nilai kuat tekan mengalami penurunan bila dibandingkan dengan nilai kuat tekan pada variasi sebelumnya. Penurunan nilai kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan Gambar 5.2.

Kuat tekan beton yang dihasilkan dari penggunaan campuran kerikil dan pecahan genteng dari Godean sebagai agregat kasarnya dengan menggunakan metode standar ACI mengalami penurunan. Penurunan nilai kuat tekan pada beton tersebut dimungkinkan terjadi karena antara lain disebabkan oleh pada variasi BV2, BV3, BV4, BV5 dan BV6 yang menggunakan agregat kasar berupa campuran kerikil dan pecahan genteng dari Godean yang masing-masing memiliki berat jenis yang berbeda. Karena setiap variasinya terjadi penambahan pecahan genteng sebesar 20% yang diketahui bahwa pecahan genteng tersebut mempunyai berat jenis yang kecil maka berat jenis beton yang dihasilkan akan semakin kecil pula. Sehingga seiring penambahan pecahan genteng pada setiap variasinya menghasilkan nilai kuat tekan beton yang semakin menurun. Selain itu tingkat keausan pecahan genteng dari Godean lebih besar bila dibandingkan dengan batu pecah yaitu sebesar 69,36% yang menjadikan batu pecah memiliki kekuatan yang lebih besar bila dibandingkan dengan pecahan genteng. Diketahui bahwa tingkat keausan suatu agregat yang dipakai dalam campuran adukan beton maksimal sebesar 30%. Pecahan genteng mempunyai tingkat keausan yang tinggi disebabkan karena genteng mempunyai rongga udara yang cukup

tinggi sehingga bila digesek atau ditekan dengan agregat yang lebih keras atau lebih kuat maka genteng akan hancur lebih dahulu, hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.18.

Karena pada umumnya penyusun beton 60% - 80% berupa agregat kasar, sehingga penggunaan material dengan tingkat keausan yang tinggi atau kekuatan yang rendah akan menyebabkan terjadinya kecenderungan semakin menurunnya nilai kuat tekan beton yang dihasilkan. Kuat tekan rata-rata yang dihasilkan beton umur 28 hari pada variasi-6 (BV6) sebesar  $141,942 \text{ kg/cm}^2$  jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan beton pada variasi-1 sebesar  $378,567 \text{ kg/cm}^2$ . Hal ini dimungkinkan terjadi karena tingkat keausan genteng yang sangat besar, gradasi dari genteng yang tidak terlalu diperhatikan oleh peneliti yang bisa mengakibatkan perbedaan nilai kuat tekan beton pada variasi-1 dan beton pada variasi-6 terlalu besar. Disamping itu kuat tekan beton pada variasi-6 sebesar  $141,942 \text{ kg/cm}^2$  lebih kecil bila dibandingkan dengan beton yang menggunakan alwa dengan tingkat keausan 24,7% sebagai agregat kasar dihasilkan kuat tekan sebesar  $210,7901 \text{ kg/cm}^2$  (Hidayanto dan Ismayanto, 1997). Dan juga penelitian yang pernah dilakukan oleh Fathurahman dan Rukhudin pada variasi yang menggunakan pecahan genteng sokka 100% dengan tingkat keausan 45,16% dihasilkan kuat tekan sebesar  $326,976 \text{ kg/cm}^2$  jauh lebih besar bila dibandingkan dengan penelitian ini yaitu sebesar  $141,942 \text{ kg/cm}^2$ . Karena terjadi perbedaan yang mencolok pada hasil kuat tekannya, maka penelitian yang menggunakan agregat kasarnya 100% dari limbah pecahan genteng dari Godean dianggap kurang berhasil. Penurunan nilai kuat tekan beton pada penelitian ini untuk setiap umur pada semua variasi dapat dilihat pada Tabel 5.2 sampai dengan Tabel 5.7.



Gambar 5.18 Sampel beton yang telah diuji pada umur 28 hari

### 5.3.3 Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas merupakan tolak ukur sifat elastis suatu bahan yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk persatuan panjang.

Kurva regangan-tegangan terbentuk lengkung menandakan nilai regangan tidak berbanding lurus dengan nilai tegangannya pada tegangan tinggi, sebagaimana terlihat pada Gambar 5.10 sampai dengan Gambar 5.15. Hal ini berarti beton tidak sepenuhnya bersifat elastis.

Dari Gambar 5.10 sampai dengan Gambar 5.15 dapat dilihat bahwa modulus elastis pada setiap variasinya mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena pada setiap variasinya terjadi penambahan limbah pecahan genteng sebanyak 20% yang diketahui bahwa genteng mempunyai tingkat keausan yang tinggi bila dibandingkan dengan batu pecah, yang menyebabkan nilai kuat tekan rendah. Seiring dengan menurunnya nilai kuat tekan maka nilai modulus elastis yang dihasilkan akan ikut menurun. Penurunan nilai modulus elastis yang dihasilkan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.11.