

## BAB V

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

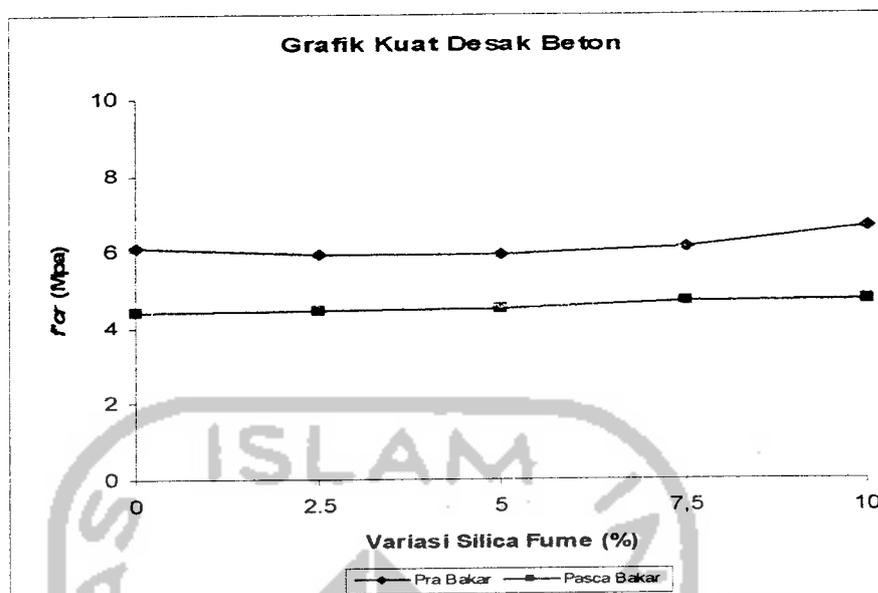
Pada bab ini berisi tentang hasil penelitian dari kuat desak beton, modulus elastisitas dan analisis regresi. Penjelasan mengenai hal-hal tersebut diatas akan diuraikan sebagai berikut ini.

#### 5.1. Hasil Penelitian

Berdasarkan pengujian yang telah dilaksanakan, diperoleh data berupa kuat desak silinder beton berupa beban maksimal dan regangan yang terjadi pada silinder beton dengan atau tanpa bahan tambah dan dengan atau tanpa dibakar. Data tersebut dianalisis untuk memperoleh kekuatan dan kekakuan beton dengan atau tanpa bahan tambah yang mengalami penurunan akibat proses pembakaran.

##### 5.1.1. Kuat Desak Beton

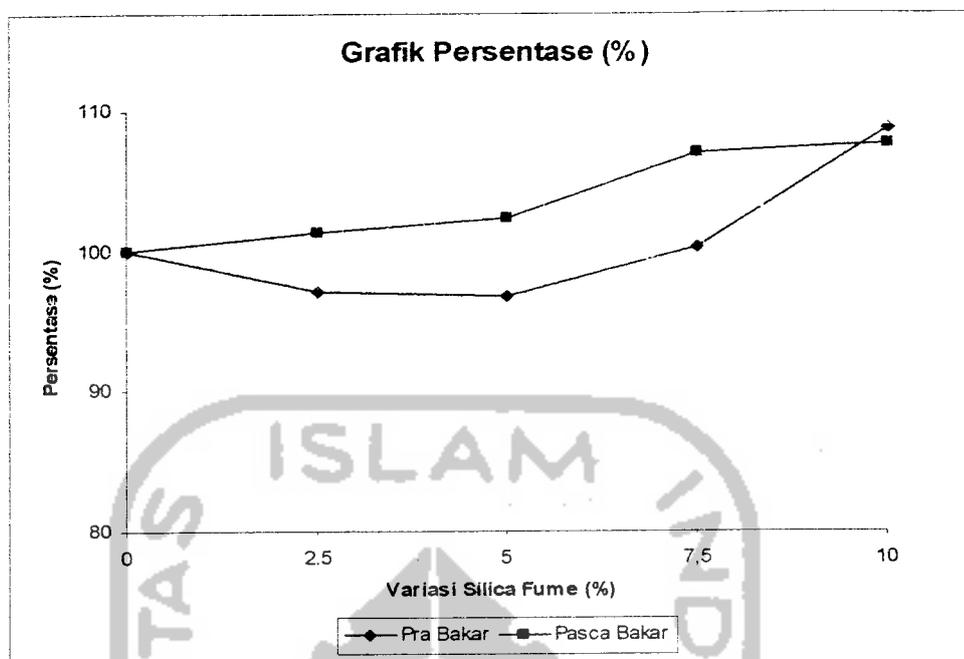
Kuat desak yang direncanakan pada umur 28 hari adalah 20 MPa. Dari hasil uji kuat desak beton, dapat digambarkan diagram yang memberikan hubungan persentase *Silica fume* terhadap kuat desak beton sebagai berikut.



Gambar 5.1 Grafik Kuat Desak Beton Pra dan Pasca Bakar

Tabel 5.1 Kuat Desak Silinder Beton Pra Bakar dan Pasca Bakar 4 jam 400°C

Sampel	Kuat Desak (MPa)		Penurunan (%)
	Pra-Bakar	Pasca-Bakar	
Variasi (SF) 0%	6,108	4,373	28,405
Variasi (SF) 2,5%	5.933	4,428	25,366
Variasi (SF) 5%	5.907	4,475	24,246
Variasi (SF) 7,5%	6.118	4,673	23,618
Variasi (SF) 10%	6.638	4,700	29,195



**Gambar 5.2** Grafik Persentase Kuat Desak Beton Pra dan Pasca Bakar

**Tabel 5.2** Kuat Desak Beton Pra Bakar dan Pasca Bakar Setiap Variasi

Sampel per-Variasi	$f'_{cr}$ (MPa)		Persentase (%)	
	Pra Bakar	Pasca Bakar	Pra Bakar	Pasca Bakar
0%	6,108	4,373	100.000	100.000
2,5%	5.933	4,428	97.129	101.266
5%	5.907	4,475	96.715	102.331
7,5%	6.118	4,673	100.166	106.856
10%	6.638	4,700	108.684	107.467

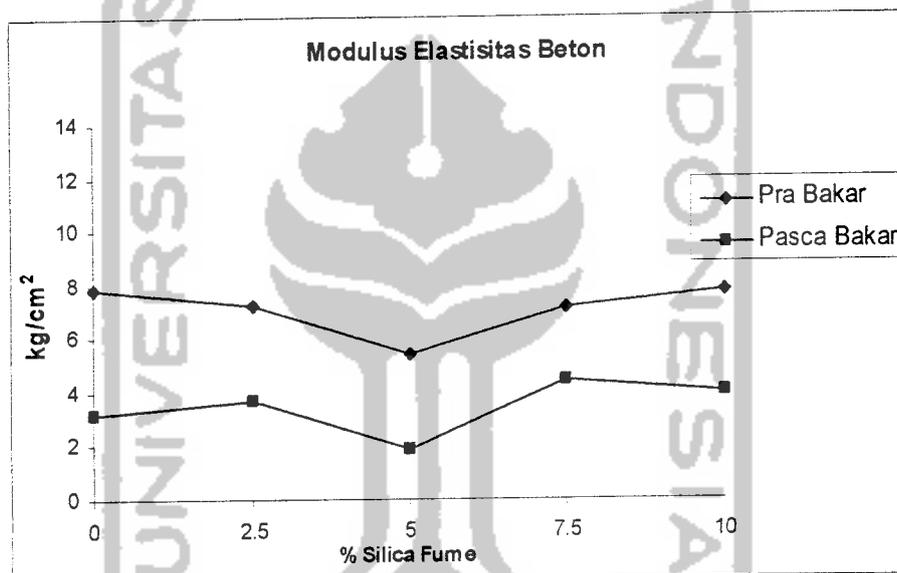
### 5.1.2. Modulus Elastisitas

Dari pencatatan data regangan beton, didapatkan nilai regangan yang terjadi pada setiap pengujian kuat desak beton. Pengujian kuat desak beton ini akan didapatkan nilai gaya dan regangan yang terjadi. Nilai-nilai tersebut dapat digambarkan grafik regangan-tegangan yang terdapat pada Gambar 5.3.

Dari grafik yang terjadi, diperlukan pengoreksian terhadap nilai regangan, agar nilai regangan dimulai dari angka 0. angka koreksi besarnya tergantung dari perpanjangan garis linier pertama, besarnya angka ini yang akan

menentukan pergeseran ke kiri atau ke kanan dari nilai regangan pada hasil pengujian beton yang nantinya akan didapatkan nilai regangan yang baru atau nilai regangan koreksi.

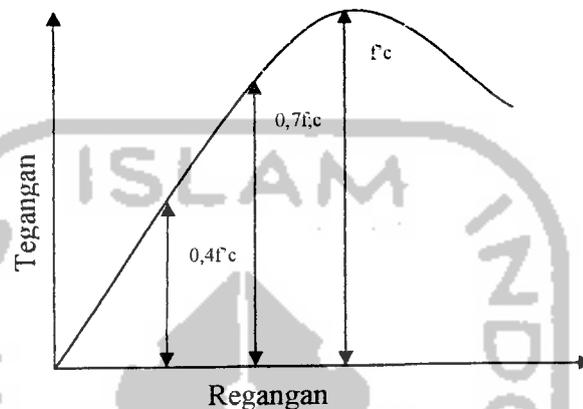
Modulus elastis yang terjadi yang digambarkan dari angka regangan koreksi, dengan menarik garis sejajar sumbu x hingga berpotongan dengan grafik regangan. Dari titik perpotongan ini ditarik garis sejajar sumbu y sehingga didapatkan nilai regangan.



**Gambar 5.3** Grafik Modulus Elastis Beton 28 hari

Dari Gambar 5.3 hasil pengujian didapatkan seluruh variasi beton mengalami penurunan modulus elastisitas setelah pembakaran. Menurunnya nilai modulus elastisitas disebabkan karena setelah pembakaran air yang terkandung dalam beton seluruhnya menguap sehingga beton menjadi getas karena adanya penguapan air tersebut sehingga beton kehilangan elastisitasnya.

Nawy (2001), pengetahuan mengenai hubungan tegangan-regangan beton merupakan hal penting dalam mengembangkan analisis dan desain serta prosedur-prosedur dalam struktur beton.



Gambar 5.4 Kurva regangan-tegangan tipikal untuk beton

Gambar 5.4 menunjukkan kurva regangan-tegangan yang diperoleh dari pengujian dengan benda uji beton silinder yang dibebani tekan uniaksial selama beberapa menit. Bagian dari kurva tersebut, hingga mencapai 40% dari kuat ultimit  $f'c$  pada dasarnya dapat dianggap linier untuk tujuan praktis. Sesudah 70% dari tegangan gagal, material kehilangan sebagian besar kekuatannya sehingga menambah ketidak linieran diagram. Pada saat beban ultimit, retak sejajar arah pembebanan menjadi sangat terlihat, dan hampir semua silinder (kecuali yang kekuatannya sangat rendah) akan tiba-tiba gagal sesaat setelah itu.

### 5.1.3. Analisis Regresi

Analisis fungsi kuadrat dan korelasi antara regangan dan tegangan terhadap kuat desak beton dilakukan dengan menggunakan alat bantu statistik yaitu regresi kuadrat.

Dari hasil regresi akan diperoleh persamaan regresi dan nilai koefisien korelasi ( $r$ ) nilainya berkisar antara  $0 < r < 1$ . Berdasarkan nilai koefisien korelasi tingkat hubungan dapat dikelompokkan sebagai berikut.

1.  $r < 0,33$  = tingkat hubungan lemah
2.  $0,33 \leq r \leq 0,66$  = tingkat hubungan sedang
3.  $r > 0,66$  = tingkat hubungan kuat

Dengan nilai  $r$  didapat dari akar koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang diperoleh dari persamaan regresi tersebut ( $r = \sqrt{R^2}$ ).

Bentuk dari fungsi kuadrat :

$$Y = ax^2 + bx + c$$

Dimana :

$y$  = variabel tak bebas

$x$  = variabel bebas

$a, b, c$  = konstanta dari variable tersebut

ciri-ciri dari fungsi kuadrat :

1. jika  $a > 0$ , grafik terbuka keatas (strength hardening)
2. jika  $a = 0$ , grafik linier
3. jika  $a < 0$ , grafik terbuka kebawah ( strength softening)
4. semakin besar nilai  $|a|$  (dengan tidak memperhatikan tanda positif negative), makin tinggi fungsi kuadrat, sebaliknya semakin kecil nilai  $|a|$ , makin kurus fungsi kuadrat.

## 5.2. Pembahasan

Pembahasan berisikan tentang penjelasan mengenai kuat desak, modulus elastis, dan analisis regresi.

### 5.2.1. Kuat Desak

Dalam penelitian didapatkan berat jenis agregat kasar batu bentonit sebesar  $1600 \text{ kg/m}^3$ , itu menunjukkan bahwa agregat batu bentonit termasuk dalam agregat ringan dan dapat digunakan sebagai agregat beton ringan. Berat volume beton yang didapatkan pada variasi 0%; 2,5%; 5%; 7,5% dan 10% berturut-turut sebesar  $1873,664 \text{ kg/m}^3$ ;  $1879,503 \text{ kg/m}^3$ ;  $1878,519 \text{ kg/m}^3$ ;  $1893,108 \text{ kg/m}^3$  dan  $1894,632 \text{ kg/m}^3$ . Menurut SK SNI T-15-1991-03, beton ini termasuk beton ringan.

Nilai kuat desak beton ringan pra bakar dengan penambahan *Silica fume* mengalami peningkatan dan penurunan untuk tiap variasi. Pada Gambar 5.1 dan Tabel 5.1 dapat dilihat bahwa variasi 2,5%; 5% menurun berturut-turut sebesar 5,933 MPa dan 5,907 MPa, sedangkan variasi 7,5%; 10% meningkat berturut-turut sebesar 6,118 MPa dan 6,638 MPa dari beton variasi 0% sebesar 6,108 MPa.

Setelah dibakar pada suhu  $400 \text{ }^\circ\text{C}$  selama 4 jam, nilai kuat desak beton ringan pasca bakar dengan penambahan *Silica fume* tetap mengalami peningkatan untuk semua variasi. Pada Gambar 5.1 dan Tabel 5.1 dapat dilihat bahwa variasi 2,5%; 5%; 7,5%; 10% meningkat berturut-turut sebesar 4,428 MPa, 4,475 MPa; 4,673 MPa dan 4,7 MPa dari beton variasi 0% sebesar 4,373 MPa.

Dari hasil yang diperoleh didapatkan kekuatan desak maksimum sebesar 6,638 MPa, sehingga beton ringan tersebut tidak dapat digunakan sebagai beton struktural, karena kuat desak yang dihasilkan kurang dari 17 MPa.

Persentase kuat desak beton ringan dengan penambahan *Silica fume* pra bakar dengan pasca bakar yang terjadi terlihat pada Tabel 5.1 yaitu variasi 0%; 2,5%; 5%; 7,5%; 10% menurun berturut-turut sebesar 28,252%; 25,366%; 24,246%; 23,618%; dan 29,195%. Penurunan maksimum terjadi pada variasi 10%.

Persentase peningkatan dan penurunan kuat desak beton ringan pra bakar dengan penambahan *Silica fume* yang terjadi terlihat pada Gambar 5.2 dan Tabel 5.2 yaitu variasi 2,5%; 5% menurun berturut-turut sebesar 2,871% dan 3,085% sedangkan variasi 7,5%; 10% mengalami peningkatan kekuatan sebesar 0,166% dan 8,684% dibandingkan dengan beton variasi 0%. Dimana penurunan maksimum yang terjadi pada variasi 5%.

Persentase peningkatan kuat desak beton ringan pasca bakar dengan penambahan *Silica fume* yang terjadi terlihat pada Gambar 5.2 dan Tabel 5.2 yaitu variasi 2,5%; 5%; 7,5%; 10% mengalami peningkatan kekuatan sebesar 1,266%; 2,331%; 6,856% dan 7,467%. Dimana kenaikan maksimum yang terjadi pada variasi 10%.

Berdasarkan data-data hasil pengujian, penambahan *Silica fume* dapat meningkatkan kuat desak beton. Hal ini dikarenakan *Silica fume* berfungsi sebagai *filler* dalam campuran beton, sehingga akan mereduksi rongga udara dalam

campuran beton yang menyebabkan beton semakin padat yang secara langsung akan mengurangi porositasnya.

Pembakaran menyebabkan beton terdehidrasi, air dalam beton tersebut menguap sangat besar, sehingga menyebabkan terjadinya porositas yang sangat besar. Ketika dipanaskan rongga udara pada beton akan mengembang sehingga beton akan menjadi porous. Dengan keadaan yang demikian dapat menurunkan kuat desak beton. Penguapan air akan menyebabkan terputusnya reaksi kimia yang terjadi dalam pembentukan kekuatan dalam beton. Sehingga, karena pembakaran semen akan kehilangan daya rekatnya terhadap partikel *Silica fume* dan agregat beton yang lain. Hal ini terlihat dari pecahan benda uji beton yang tidak menggumpal, mengeluarkan banyak serbuk dan terlepasnya ikatan antara mortar semen dengan agregat.

Pada setiap penambahan variasi *Silica fume*, terjadi peningkatan kuat desak beton ringan. Hal ini terjadi karena semakin banyak penambahan *Silica fume*, rongga udara yang timbul akan menjadi lebih sedikit dan tidak membuat beton menjadi mengembang saat dibakar, sehingga tidak menurunkan kekuatannya.

### 5.2.2. Modulus Elastisitas

Dari Lampiran 3 dapat dihitung besarnya modulus elastis beton umur 28 hari untuk setiap variasi seperti berikut ini.

#### 1. Variasi 0% Pra Bakar

Diperoleh koreksi kurva sebesar  $x = 0,003 \cdot 10^{-3}$  (geser ke kanan), dan didapat batas sebanding ,  $\sigma_p = 17,257 \text{ kg/cm}^2$

$$\varepsilon p = 22,1 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma p}{\varepsilon p} = \frac{17,257}{22,1 \cdot 10^{-5}} = 7,8085 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

2. Variasi 2,5% Pra Bakar

Diperoleh koreksi kurva sebesar  $x = 0,023 \cdot 10^{-3}$  (geser ke kanan), dan

didapat batas sebanding ,  $\sigma p = 17,430 \text{ kg/cm}^2$

$$\varepsilon p = 24 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma p}{\varepsilon p} = \frac{17,430}{24 \cdot 10^{-5}} = 7,2625 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

3. Variasi 5% Pra Bakar

Diperoleh koreksi kurva sebesar  $x = 0,173 \cdot 10^{-3}$  (geser ke kanan), dan

didapat batas sebanding ,  $\sigma p = 23,085 \text{ kg/cm}^2$

$$\varepsilon p = 42,6 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma p}{\varepsilon p} = \frac{23,085}{42,6 \cdot 10^{-5}} = 5,419 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

4. Variasi 7,5% Pra Bakar

Diperoleh koreksi kurva sebesar  $x = 0,080 \cdot 10^{-3}$  (geser ke kanan), dan

didapat batas sebanding ,  $\sigma p = 22,932 \text{ kg/cm}^2$

$$\varepsilon p = 32,1 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma p}{\varepsilon p} = \frac{22,932}{32,1 \cdot 10^{-5}} = 7,1439 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

5. Variasi 10% Pra Bakar

Diperoleh koreksi kurva sebesar  $x = 0,033 \cdot 10^{-3}$  (geser ke kanan), dan

didapat batas sebanding ,  $\sigma p = 17,086 \text{ kg/cm}^2$

$$\varepsilon p = 22,1 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma p}{\varepsilon p} = \frac{17,086}{22,1 \cdot 10^{-5}} = 7,7312 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

#### 6. Variasi 0% Pasca Bakar

Diperoleh koreksi kurva sebesar  $x = 0,037 \cdot 10^{-3}$  (geser ke kanan), dan

didapat batas sebanding ,  $\sigma p = 11,620 \text{ kg/cm}^2$

$$\varepsilon p = 36,9 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma p}{\varepsilon p} = \frac{11,620}{36,9 \cdot 10^{-5}} = 3,149 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

#### 7. Variasi 2,5% Pasca Bakar

Diperoleh koreksi kurva sebesar  $x = 0,020 \cdot 10^{-3}$  (geser ke kanan), dan

didapat batas sebanding ,  $\sigma p = 23,085 \text{ kg/cm}^2$

$$\varepsilon p = 62,7 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma p}{\varepsilon p} = \frac{23,085}{62,7 \cdot 10^{-5}} = 3,6818 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

#### 8. Variasi 5% Pasca Bakar

Diperoleh koreksi kurva sebesar  $x = 0,492 \cdot 10^{-3}$  (geser ke kanan), dan

didapat batas sebanding ,  $\sigma p = 23,085 \text{ kg/cm}^2$

$$\varepsilon p = 120,6 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma p}{\varepsilon p} = \frac{23,085}{120,6 \cdot 10^{-5}} = 1,9141 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

#### 9. Variasi 7,5% Pasca Bakar

Diperoleh koreksi kurva sebesar  $x = 0,037 \cdot 10^{-3}$  (geser ke kanan), dan

didapat batas sebanding ,  $\sigma p = 11,574 \text{ kg/cm}^2$

$$\varepsilon_p = 28,6 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma_p}{\varepsilon_p} = \frac{11,574}{28,6 \cdot 10^{-5}} = 4,0468 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

#### 10. Variasi 10% Pasca Bakar

Diperoleh koreksi kurva sebesar  $x = 0,037 \cdot 10^{-3}$  (geser ke kanan), dan

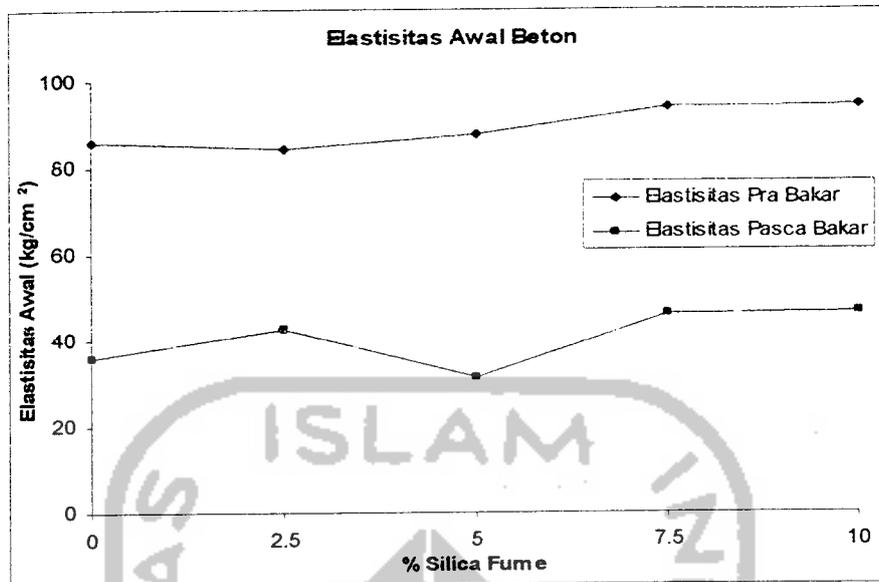
didapat batas sebanding,  $\sigma_p = 11,497 \text{ kg/cm}^2$

$$\varepsilon_p = 28,8 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma_p}{\varepsilon_p} = \frac{11,497}{28,8 \cdot 10^{-5}} = 3,992 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

**Tabel 5.3** Modulus Elastis Beton umur 28 hari

	Variasi	Modulus Elastis Beton X 10 <sup>4</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )
Pra Bakar	0%	7.8085
	2,5%	7.2625
	5%	5.419
	7,5%	7.1439
	10%	7.7312
Pasca Bakar	0%	3.149
	2,5%	3.6818
	5%	1.9141
	7,5%	4.4068
	10%	3.992



Gambar 5.5 Grafik Elastisitas Awal Beton

Tabel 5.4 Elastisitas Awal Beton umur 28 hari

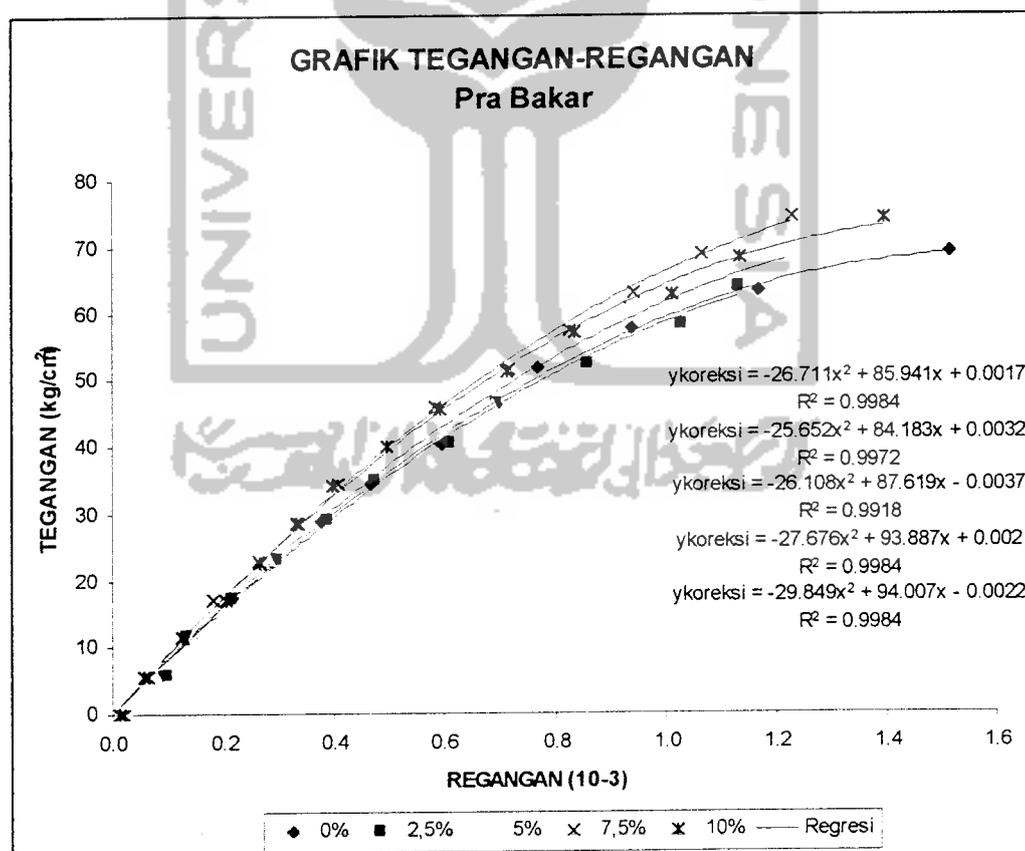
Variasi		Elastisitas Awal (kg/cm <sup>2</sup> )
Pra Bakar	0%	85.941
	2,5%	84.183
	5%	87.619
	7,5%	93.887
	10%	94.007
Pasca Bakar	0%	35.926
	2,5%	42.307
	5%	31.413
	7,5%	45.703
	10%	46.293

Nilai elastisitas awal beton ringan pra bakar dengan penambahan *Silica fume* mengalami peningkatan dan penurunan untuk tiap variasi. Pada Gambar 5.5 dan Tabel 5.4 dapat dilihat bahwa pada variasi 2,5% menurun sebesar 84,183 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan variasi 5%; 7,5%; 10% meningkat berturut-turut sebesar 87,619 kg/cm<sup>2</sup>; 93,887 kg/cm<sup>2</sup> dan 94,007 kg/cm<sup>2</sup> dari beton variasi 0% sebesar

85.941 kg/cm<sup>2</sup>. Elastisitas awal maksimum terjadi pada beton dengan penambahan *silica fume* 10%.

Setelah dibakar pada suhu 400 °C selama 4 jam, nilai elastisitas awal beton ringan pasca bakar dengan penambahan *Silica fume* tetap mengalami peningkatan untuk semua variasi. Pada Gambar 5.5 dan Tabel 5.4 dapat dilihat bahwa variasi 2,5%; 7,5%; 10% meningkat berturut-turut sebesar 42.307 kg/cm<sup>2</sup>; 45.703 kg/cm<sup>2</sup> dan 46.293 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan variasi 5% menurun sebesar 31.413 kg/cm<sup>2</sup> dari beton variasi 0% sebesar 35.926 kg/cm<sup>2</sup>. Elastisitas awal maksimum terjadi pada beton dengan penambahan *silica fume* 10%.

### 5.2.3. Analisis Regresi



Gambar 5.6 Grafik Tegangan-Regangan Maksimum Pra Bakar

Dari Gambar grafik diperoleh persamaan regresi tiap variasi sebagai berikut ini.

$$\begin{aligned} \text{Variasi 0\%} \quad \rightarrow \quad & y_{\text{koreksi}} = -26,711x^2 + 85,941x + 0,0017 \\ & y' = 85,941 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Variasi 2,5\%} \quad \rightarrow \quad & y_{\text{koreksi}} = -25,652x^2 + 84,183x + 0,0032 \\ & y' = 84,183 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Variasi 5\%} \quad \rightarrow \quad & y_{\text{koreksi}} = -26,108x^2 + 87,619x - 0,0037 \\ & y' = 87,619 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Variasi 7,5\%} \quad \rightarrow \quad & y_{\text{koreksi}} = -27,676x^2 + 93,887x + 0,002 \\ & y' = 93,887 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Variasi 10\%} \quad \rightarrow \quad & y_{\text{koreksi}} = -29,849x^2 + 94,007x - 0,0022 \\ & y' = 94,007 \end{aligned}$$

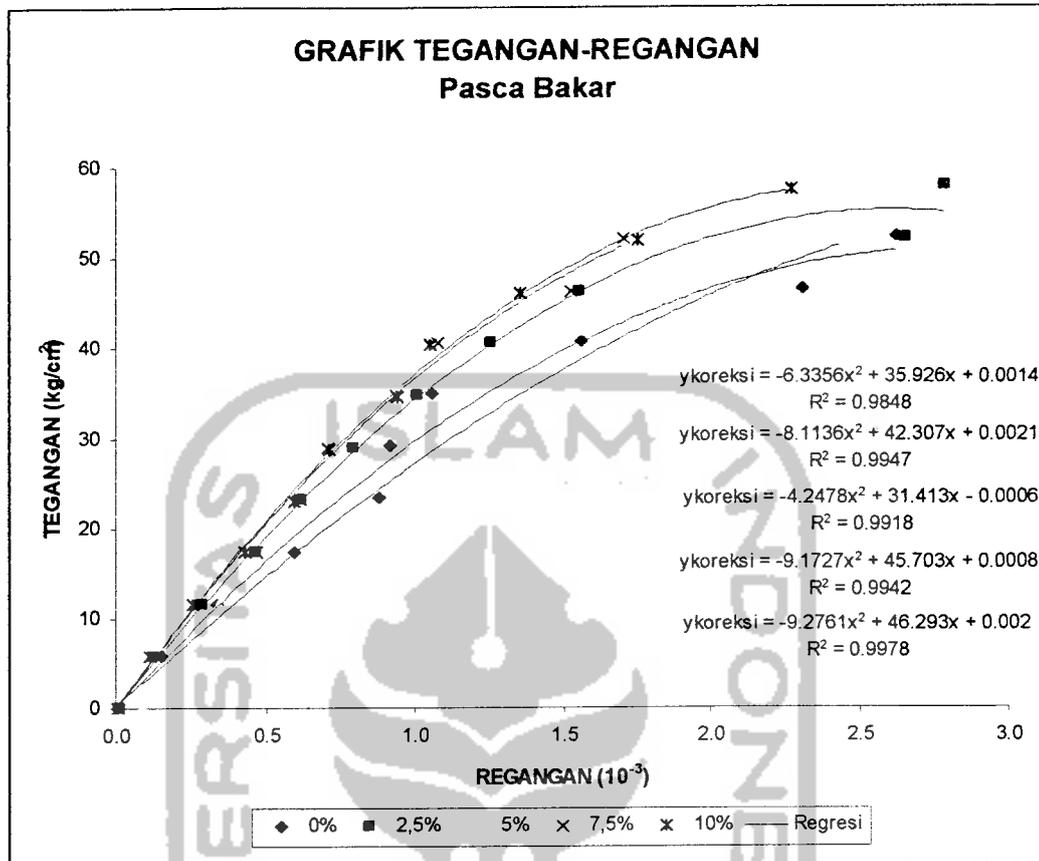
Grafik pada Gambar 5.6 memperlihatkan bahwa terdapat hubungan antara regangan-tegangan. Dari hubungan tersebut didapatkan persamaan regresi kuadrat tiap masing-masing variasi yang mempunyai nilai koefisien korelasi berbeda-beda. Didapatkan nilai koefisien korelasi ( $r$ ) 0% = 0,999; 2,5% = 0,998; 5% = 0,995; 7,5% = 0,999 dan 10% = 0,999. Dari lima nilai koefisien korelasi tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat tingkat hubungan yang kuat. Tingkat hubungan terkuat terdapat pada variasi 0%, 7,5% dan 10% pra bakar.

Dari persamaan tersebut diperoleh nilai  $a$  bertanda negatif, sehingga garis regresi kuadrat tersebut berupa parabola yang membuka kebawah. Dengan tidak memperhatikan tanda positif dan negatif nilai  $a > 0$ , maka grafik berbentuk nonlinier. Nilai  $a$  dan  $b$  sangat berpengaruh terhadap suatu bentuk daripada fungsi.



Semakin besar nilai  $b$ , maka semakin besar tegangannya ini dapat dilihat dari persamaan kuadrat pada variasi 10% dimana tegangan yang terjadi paling besar. Realitas kesalahan pada penggunaan alat ukur regangan, maka koreksi dilakukan untuk regangan ( $x$ ).

Nilai  $a$  dapat dilihat pada Gambar 5.8 dan Tabel 5.5 untuk tiap variasi sebesar 26,711; 25,652; 26,108; 27,676 dan 29,849 menunjukkan hubungan regangan-tegangan nonlinier. Nilai  $a$  tersebut menunjukkan ke nonlinieritas suatu grafik, semakin besar  $|a|$  semakin nonlinier. Semakin besar regangan semakin kecil elastisnya. Hubungan regangan-tegangan yang nonlinier terbesar terdapat pada variasi 10%. Nilai  $b$  pada turunan pertama menunjukkan nilai elastisitas awal suatu benda. Apabila nilai  $x = 0$  pada turunan pertama, maka nilai  $b$  tiap variasi berturut-turut sebesar 85,941 kg/cm<sup>2</sup>; 84,183 kg/cm<sup>2</sup>; 87,619 kg/cm<sup>2</sup>; 93,887 kg/cm<sup>2</sup> dan 94,007 kg/cm<sup>2</sup> menunjukkan nilai elastisitas awal. Elastisitas terbesar terdapat pada variasi 10%.



**Gambar 5.7** Grafik Regangan-Tegangan Maksimum Pasca Bakar

Dari Gambar grafik diperoleh persamaan regresi tiap variasi sebagai berikut ini.

Variasi 0% →  $y_{\text{koreksi}} = -6,3356x^2 + 35,926x + 0,1271$   
 $y' = 35,926$

Variasi 2,5% →  $y_{\text{koreksi}} = -8,1136x^2 + 42,307x + 0,5633$   
 $y' = 42,307$

Variasi 5% →  $y_{\text{koreksi}} = -4,2478x^2 + 31,413x + 2,7125$   
 $y' = 31,413$

Variasi 7,5% →  $y_{\text{koreksi}} = -9,1727x^2 + 45,703x + 0,2336$   
 $y' = 45,703$

$$\text{Variasi 10\%} \rightarrow y_{\text{koreksi}} = -9,2761x^2 + 46,293x + 0,2009$$

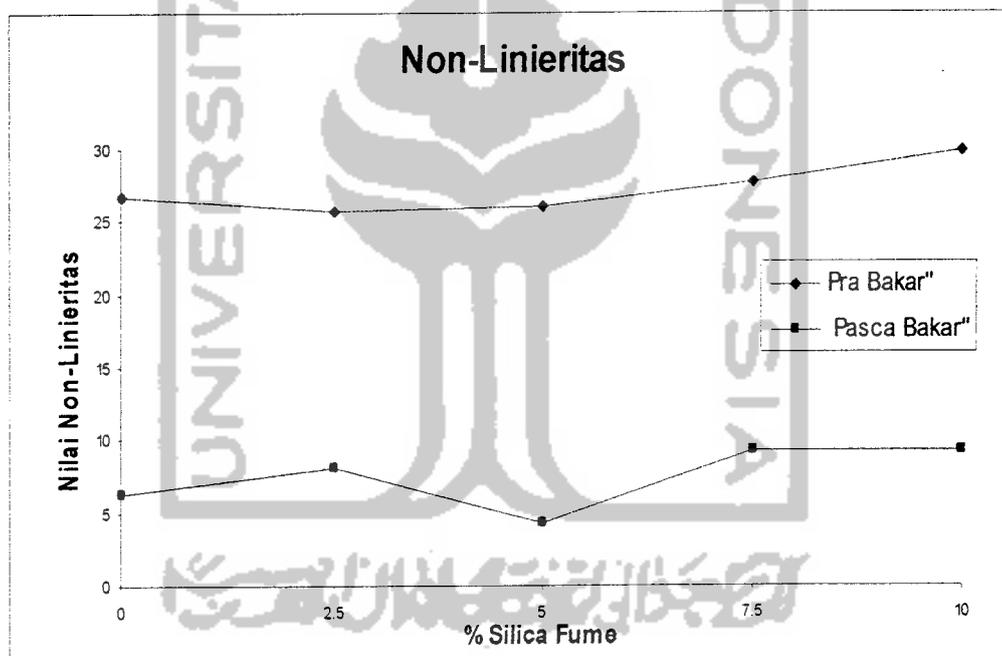
$$y' = 46,293$$

Grafik pada Gambar 5.7 memperlihatkan bahwa terdapat hubungan antara regangan-tegangan. Dari hubungan tersebut didapatkan persamaan regresi kuadrat tiap masing-masing variasi yang mempunyai nilai koefisien korelasi berbeda-beda. Didapatkan nilai koefisien korelasi ( $r$ ) 0% = 0,9848; 2,5% = 0,9947; 5% = 0,9918; 7,5% = 0,9942 dan 10% = 0,9978. Dari lima nilai koefisien korelasi tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat tingkat hubungan yang kuat. Tingkat hubungan terkuat terdapat pada variasi 10% pasca bakar.

Dari persamaan tersebut diperoleh nilai  $a$  bertanda negatif, sehingga garis regresi kuadrat tersebut berupa parabola yang membuka kebawah. Dengan tidak memperhatikan tanda positif dan negatif nilai  $a > 0$ , maka grafik berbentuk nonlinier. Nilai  $a$  dan  $b$  sangat berpengaruh terhadap suatu bentuk daripada fungsi. Semakin besar nilai  $b$ , maka semakin besar tegangannya ini dapat dilihat dari persamaan kuadrat pada variasi 10% dimana tegangan yang terjadi paling besar.

Nilai  $a$  dapat dilihat pada Gambar 5.8 dan Tabel 5.5 untuk tiap variasi sebesar 6,3356; 8,1136; 4,2478; 9,1727 dan 9,2761 menunjukkan hubungan regangan-tegangan nonlinier. Nilai  $a$  tersebut menunjukkan ke nonlinieritas suatu grafik, semakin besar  $|a|$  semakin nonlinier. Hubungan regangan-tegangan yang nonlinier terbesar terdapat pada variasi 10%. Nilai  $b$  pada turunan pertama menunjukkan nilai elastisitas awal suatu benda. Apabila nilai  $x = 0$  pada turunan pertama, maka nilai  $b$  tiap variasi berturut-turut sebesar 35,926 kg/cm<sup>2</sup>; 42,307 kg/cm<sup>2</sup>; 31,413 kg/cm<sup>2</sup>; 45,703 kg/cm<sup>2</sup> dan 46,293 kg/cm<sup>2</sup> menunjukkan

keelastisitasannya. Elastisitas terbesar terdapat pada variasi 10 %. Nilai modulus elastis ini dapat ditentukan berdasarkan kemiringan kurva pada grafik regangan-tegangan. Kemiringan kurva ini dipengaruhi oleh kuat desak beton itu sendiri. Beton yang memiliki kuat desak tinggi akan menghasilkan kemiringan yang lebih curam dan panjang garis linier yang lebih panjang dibandingkan beton yang memiliki kuat desak yang rendah. Hal ini terjadi karena seiring dengan bertambahnya beban, maka kekuatan dari material akan berkurang sehingga perubahan regangan tidak lagi linier dengan tegangannya.



**Gambar 5.8** Grafik Non-Linieritas Beton

**Tabel 5.5** Nilai Non-Linieritas Beton

Variasi		Nilai Non-Linieritas
Pra Bakar	0%	26.711
	2,5%	25.652
	5%	26.108
	7,5%	27.676
	10%	29.849
Pasca Bakar	0%	6.3356
	2,5%	8.1136
	5%	4.2478
	7,5%	9.1727
	10%	9.2761

