

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil penelitian

5.1.1 Berat Volume Silinder Beton

Diperoleh berat volume beton untuk masing-masing variasi penggantian semen dengan abu ampas tebu seperti pada Tabel 5.1

Tabel 5.1 Berat volume beton pada tiap variasi penggantian abu ampas tebu

Kode	Variasi penggantian abu ampas tebu (%)	Berat volume rata-rata beton (kg/m^3)
A	0%	2128,540
B	5%	2123,174
C	10%	2119,268
D	15%	2115,131
E	20%	2105,165

5.1.2 Slump

Nilai –nilai slump yang dicapai pada berbagai variasi campuran beton seperti pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Nilai slump berbagai variasi campuran

Kode	Variasi	Slump (cm)
A	0%	9,75
B	5%	9,40
C	10%	9,15
D	15%	8,91
E	20%	8,50

5.1.3 Hasil Uji Kandungan Kimia Abu Ampas Tebu

Berdasarkan hasil uji kandungan kimia abu ampas tebu yang dilakukan oleh Nurawadji (2000) dimana abu ampas tebu dibakar ulang pada temperatur 500°C. kemudian data tersebut dianalisa dan dicari pengaruhnya terhadap perubahan jumlah senyawa kimia semen Portland seperti pada Tabel 5.3

Tabel 5.3 Hasil Analisis Silika abu ampas tebu

Jenis Semen	Prosentasi (%)				Silika Ratio (SR)
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₁ AF	
Jenis I	32,02	41,88	11,68	7,6	2,86
5%	33,459	36,733	11,049	7,296	2,59
10%	26,468	40,863	10,688	6,992	2,59
15%	19,885	44,691	10,231	6,384	2,59
20%	12,487	49,123	9,87	6,08	2,59

5.1.4 Hasil Uji Kuat Desak Beton

Hasil kuat desak beton yang dilakukan pada saat beton telah berusia 28 hari adalah seperti terlihat pada Tabel 5.4

Tabel 5.4 Variasi abu ampas tebu dengan kuat desak

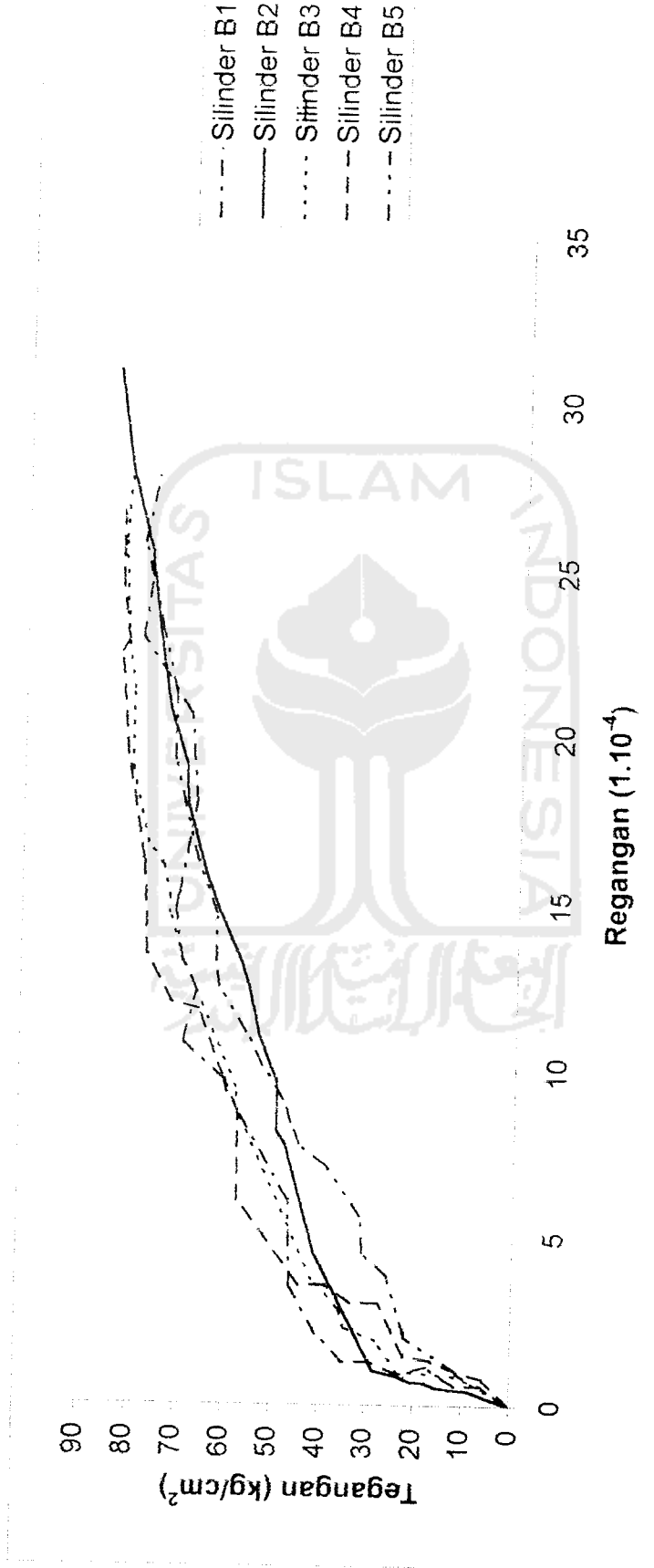
Kode	Variasi abu ampas tebu (%)	Kuat desak (f_c) Mpa
A	0	8,848
B	5	11,353
C	10	9,564
D	15	5,219
E	20	6,235

5.1.5 Modulus Elastisitas Beton

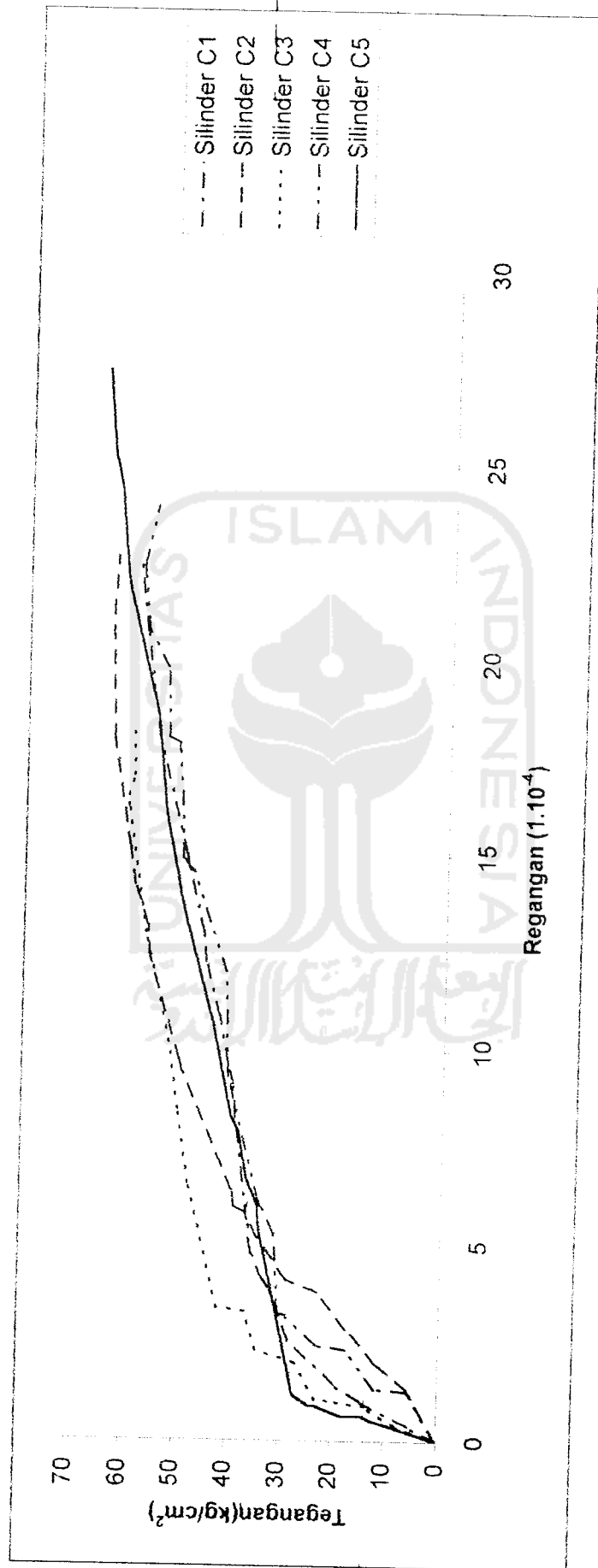
Pengujian modulus elastisitas beton dilaksanakan setelah umur beton mencapai 28 hari dengan menggunakan sampel yang sama pada pengujian kuat tekan beton umur 28 hari. Adapun ringkasan hasil pengujian dari setiap variasi campuran abu ampas tebu kedalam campuran beton yang menggunakan agregat kasar dari pecahan genteng dapat dilihat pada Gambar 5.1 sampai dengan Gambar 5.5 berikut ini :



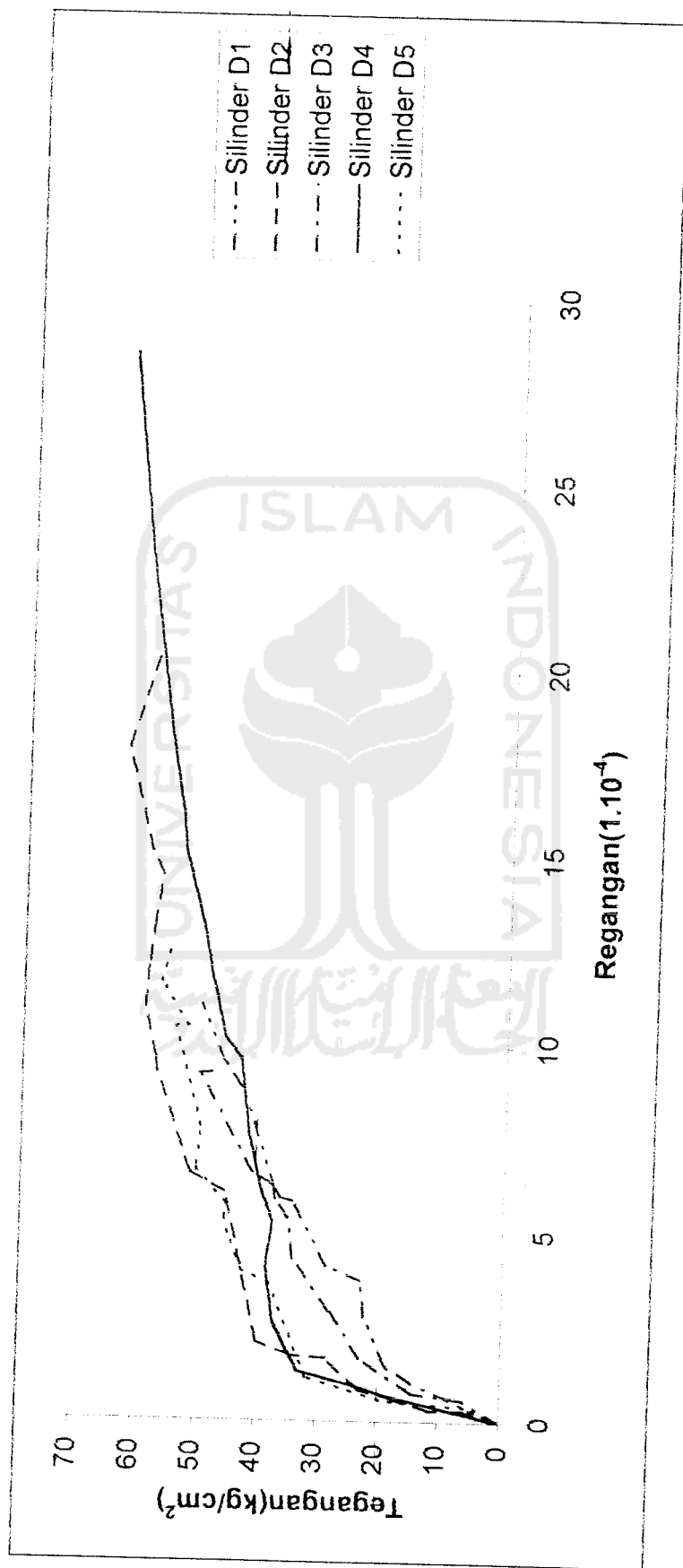
Gambar 5.1 Grafik Tegangan Regangan dengan Prosentase 0% (A1-A5)



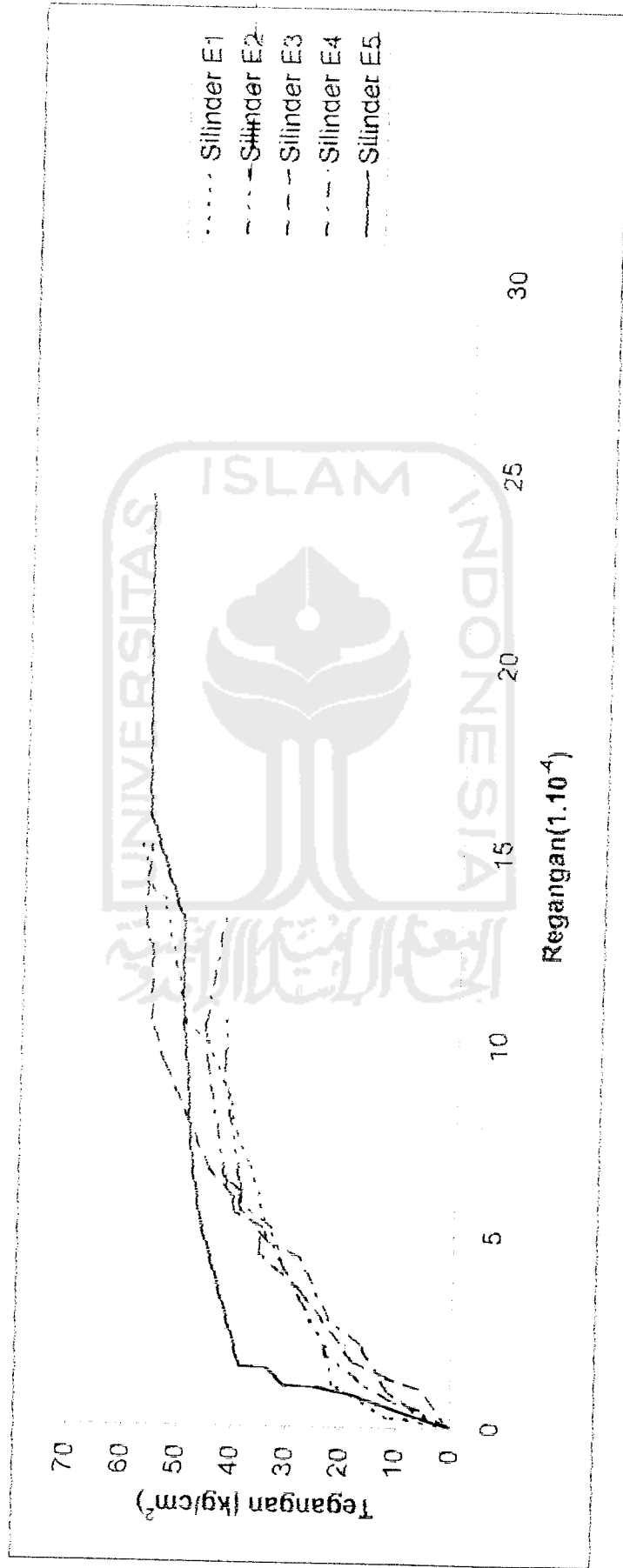
Gambar 5.2 Grafik Tegangan Regangan dengan Prosentase 5% (B1-B5)



Gambar 5.3 Grafik Tegangan Regangan dengan Prosentase 10% (C1-C5)



Gambar 5.4 Grafik Tegangan Regangan dengan Prosentase 15% (D1-D5)



Gambar 5.5 Grafik Tegangan Regangan dengan Prosentase 20% (E1-E5)

Dari Gambar 5.1 sampai dengan Gambar 5.5 dapat dihitung besarnya modulus elastisitas beton untuk setiap variasi seperti berikut ini :

1. Variasi 0% Abu Ampas Tebu

Dari Gambar 5.1 diperoleh batas sebanding, $\sigma_p = 30,122 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 1,181 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{Modulus Elastis, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{30,122 \text{ kg/cm}^2}{1,181 \cdot 10^{-4}} = 26,94 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

2. Variasi 5% Abu Ampas Tebu

Dari Gambar 5.2 diperoleh batas sebanding, $\sigma_p = 28,325 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 1,002 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{Modulus Elastis, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{28,325 \text{ kg/cm}^2}{1,002 \cdot 10^{-4}} = 28,28 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

3. Variasi 10% Abu Ampas Tebu

Dari Gambar 5.2 diperoleh batas sebanding, $\sigma_p = 27,615 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 0,998 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{Modulus Elastis, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{27,615 \text{ kg/cm}^2}{0,998 \cdot 10^{-4}} = 27,68 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

4. Variasi 15% Abu Ampas Tebu

Dari Gambar 5.2 diperoleh batas sebanding, $\sigma_p = 32,71 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 1,258 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{Modulus Elastis, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{32,71 \text{ kg/cm}^2}{1,258 \cdot 10^{-4}} = 26,01 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

5. Variasi 20% Abu Ampas Tebu

Dari Gambar 5.2 diperoleh batas sebanding, $\sigma_p = 39,234 \text{ kg/cm}^2$

$$\epsilon_p = 1,534 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{Modulus Elastis, } E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} = \frac{39,234 \text{ kg/cm}^2}{1,534 \cdot 10^{-4}} = 25,43 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 5.5 Nilai Modulus Elastisitas masing-masing variasi

Modulus Elastisitas ($\times 10^4$ Mpa)				
PC+ 0% Aat	PC + 5% Aat	PC + 10% Aat	PC + 15% Aat	PC + 20% Aat
2,694	2,828	2,768	2,601	2,543

5.2 Pembahasan

5.2.1 Berat volume beton

Berat volume beton sangat dipengaruhi oleh berat jenis bahan-bahan penyusunnya, sehingga apabila bahan penyusun mempunyai berat jenis yang besar maka beton yang dihasilkan akan mempunyai berat volume yang besar pula. Demikian juga sebaliknya apabila digunakan bahan penyusun dengan berat jenis ringan maka beton yang dihasilkan akan mempunyai berat volume yang kecil.

Berat volume beton adalah perbandingan antara berat beton dengan volume beton. Pada penelitian ini dipakai benda uji berbentuk silinder, sehingga perhitungan berat volume beton adalah sebagai berikut.

$$\text{Berat volume} = \frac{\text{Berat beton (kg)}}{\text{volume beton (cm}^3 \text{)}}$$

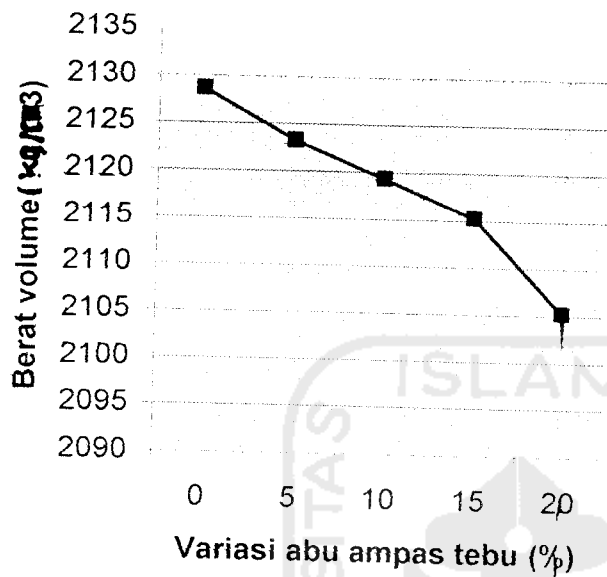
$$\text{Berat volume} = \frac{\text{Berat beton}}{1/4 \pi \theta^2 t} \quad (5.1)$$

Dimana:

$1/4 \pi \theta^2$ = Luas silinder

t = Tinggi silinder

Berdasarkan penelitian yang dilaksanakan pada beton dengan agregat kasar pecahan genteng dengan berbagai variasi penggantian abu ampas tebu, dihasilkan berat volume rata-rata pada setiap variasi campuran. Untuk mencari berat volume dicari berdasarkan pers (5.1). Hasil perhitungan berat volume dicantumkan pada tabel 5.1 diatas dan gambar 5.6 sebagai berikut.



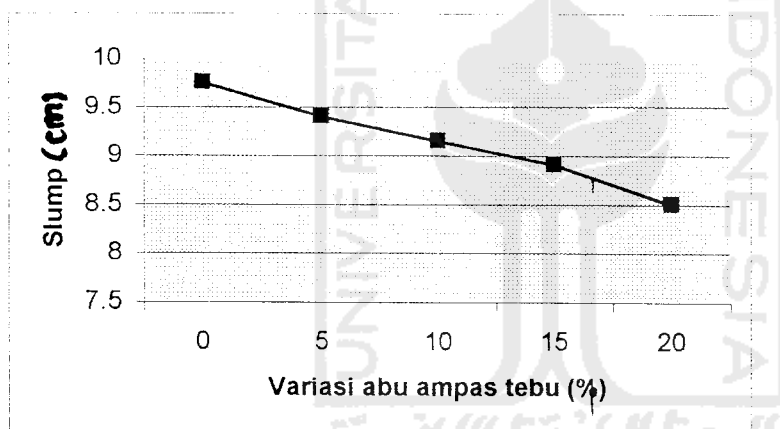
Gambar 5.6 Grafik hubungan berat volume beton dengan variasi penggantian sebagian semen dengan abu ampas tebu (hasil penelitian)

Dari tabel 5.1 dan Gambar 5.6 dapat diketahui bahwa berat volume rata-rata beton dengan agregat kasar pecahan genteng dengan variasi penggantian semen dengan abu ampas tebu cenderung akan menurunkan berat volume beton. Ini disebabkan karena berkurangnya semen yang secara langsung juga akan mengurangi berat volume semen terhadap adukan beton.

5.2.2 Slump

Slump yang merupakan parameter untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton, berkaitan erat dengan tingkat kemudahan beton untuk dikerjakan. Nilai –nilai slump yang dicapai pada berbagai variasi campuran beton seperti pada Tabel 5.2 diatas.

Dari Tabel 5.2 terlihat bahwa terjadi penurunan nilai slump sejalan dengan penggantian sebagian semen dengan abu ampas tebu. Ini menunjukkan bahwa air dalam adukan diserap oleh abu ampas tebu yang mempunyai tingkat penyerapan yang tinggi, dan juga karena sifat permeabilitas dari agregat pecahan genteng. Penurunan nilai slump ini mempengaruhi tingkat kemudahan pengerjaan beton (*workability*), karena dengan turunnya nilai slump berarti kelecikan beton berkurang, sehingga beton semakin kental dan sulit untuk dikerjakan. Untuk lebih memperjelas nilai-nilai slump tersebut disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 5.7.



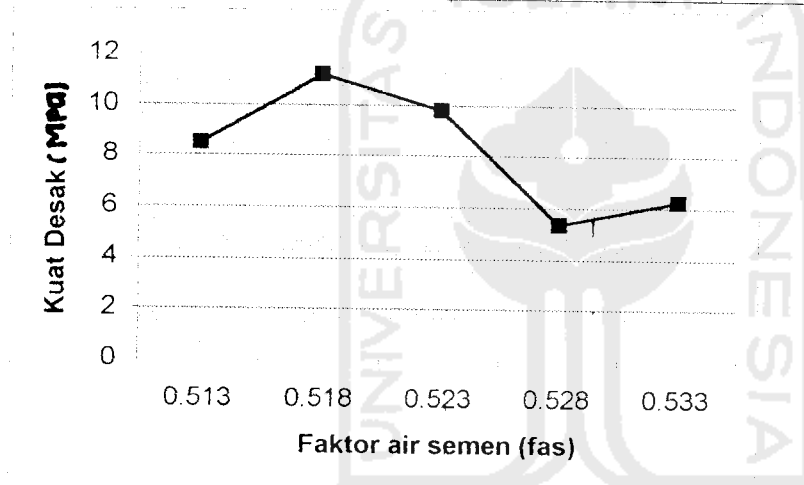
Gambar 5.7 Grafik hubungan antara nilai slump dengan variasi abu ampas tebu (hasil penelitian)

5.2.3 Faktor air semen (fas)

Faktor air semen adalah perbandingan antara berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Berikut ini adalah pengaruh air semen terhadap kuat desak beton dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 5.6 dan gambar 5.8 sebagai berikut.

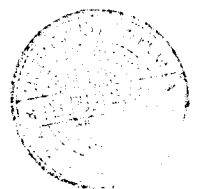
Tabel 5.6 Hubungan *fas* dengan kuat desak

Variasi	Fas	Kuat desak (Mpa)
0%	0,513	8,848
5%	0,518	11,353
10%	0,523	9,564
15%	0,528	5,219
20%	0,533	6,235



Gambar 5.8 Grafik hubungan factor air semen dan kuat desak beton
(hasil penelitian)

Pada factor air semen ini terjadi kenaikan. Ini dikarenakan adanya pengurangan berat semen terhadap air dan sesuai dengan persamaan (3.18) bahwa apabila berat semen dikurangi akan menaikkan factor air semennya. Walaupun menurut persamaan (3.16) tampak bahwa semakin rendah *fas* kekuatan beton semakin tinggi, akan tetapi karena kesulitan pepadatan maka akan dihasilkan beton yang keropos sehingga akan menurunkan kuat desak betonnya. Dengan



demikian ada suatu nilai f_{as} optimum yang menghasilkan kuat desak beton maksimum. Pada penelitian ini ternyata kuat desak maksimum terjadi pada f_{as} 0,518 yaitu sebesar 11,206 Mpa.

5.2.4 Kuat Desak Beton

Kuat desak beton mempunyai kecenderungan untuk bervariasi pada berbagai adukan. Besar variasi itu tergantung dari beberapa factor (Tjokrodimulyo, 1991), antara lain adalah :

- a. variasi mutu bahan dari satu adukan ke adukan berikutnya,
- b. variasi cara pengadukan, dan
- c. stabilitas pengadukan.

Karena penelitian ini dilakukan di laboratorium, maka diharapkan hasil yang dicapai sebaik mungkin dengan memperhatikan ketelitian pelaksanaannya.

Perhitungan kuat desak beton yang disyaratkan (f'_c) dimaksudkan untuk mengetahui mutu beton dan merupakan ukuran dari mutu pelaksanaannya.

Perhitungan ini didasarkan pada ketentuan rumus sebagai berikut .

$$f'_c = f'_{cr} - k.S \quad (5.2)$$

Dimana :

f'_c =Kuat desak (Mpa)

f'_{cr} =Kuat desak rata-rata (Mpa)

k = Tetapan statistik

S =Deviasi Standar

Untuk memenuhi persyaratan diatas perlu dicari hal-hal sebagai berikut :

- a. Mencari deviasi standar

Deviasi standar dicari dengan rumus berikut :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f^i b - f^i c_r)^2}{N-1}} \quad (5.3)$$

Dimana :

S=Deviasi standar (Mpa)

$f^i b$ =Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji (Mpa)

$f^i c_r$ =Kuat tekan rata-rata (Mpa)

N=jumlah benda uji

- b. Mencari konversi jumlah benda uji yang disyaratkan

Pada penelitian ini diambil 5 buah untuk tiap variasi. Dari keadaan ini maka perlu diberikan factor pengali terhadap deviasi standar yang dapat berdasarkan Tabel 5.7

Tabel 5.7 Faktor pengali untuk deviasi standar bila data benda uji tersedia kurang dari 30 buah (Tjokrodimulyo,1992)

Jumlah sample	Faktor pengali standar deviasi
≥ 30	1,00
25	1,03
20	1,08
< 15	1,16

Hasil perhitungan kuat desak beton yang disyaratkan dengan ketentuan-ketentuan tersebut diatas adalah seperti dalam Tabel 5.6 - 5.10.

Tabel 5.8 Hasil kuat desak beton dengan jenis beton tanpa abu ampas tebu

Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks (KN)	$f'b$ (Mpa)	$(f'b-f'cr)$ (Mpa)	$(f'b-f'cr)^2$ (Mpa)
A1	10,895	175,538	180	10,45	0,224	0,050
A2	11,230	176,715	160	9,23	-0,826	0,682
A3	11,100	174,366	190	11,11	1,054	1,111
A4	11,005	179,079	170	9,68	-0,376	0,141
A5	11,061	176,715	170	9,81	-0,246	0,061
				50,28		2,045

$$f'_{cr} = \frac{\sum f'b}{N} = \frac{50,28}{5} = 10,056 \text{ Mpa}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f'b - f'_{cr})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2,045}{5-1}} = 0,715 \text{ Mpa}$$

$$f_c = f'_{cr} - k \cdot s$$

$$= 10,056 - 1,64 (1,03 \times 0,715)$$

$$= 8,848 \text{ Mpa}$$

Tabel 5.9 Hasil kuat desak beton dengan varjasi abu ampas tebu 5%

Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks (KN)	$f'b$ (Mpa)	$(f'b-f'cr)$ (Mpa)	$(f'b-f'cr)^2$ (Mpa)
B1	10,999	173,198	220	12,95	0,416	0,173
B2	11,369	180,267	230	13,01	0,476	0,227
B3	10,954	172,965	220	12,97	0,436	0,190
B4	11,157	181,458	220	12,36	-0,174	0,030
B5	11,080	179,079	200	11,38	-1,154	1,332
				62,67		1,952

$$\bar{f}'_{cr} = \frac{\sum f'b}{N} = \frac{62,67}{5} = 12,534 \text{ Mpa}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f'b - \bar{f}'_{cr})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1,952}{5-1}} = 0,699 \text{ Mpa}$$

$$f'_c = \bar{f}'_{cr} - k \cdot s$$

$$= 12,534 - 1,64 (1,03 \times 0,699)$$

$$= 11,353 \text{ Mpa}$$

Tabel 5.10 Hasil kuat desak beton dengan variasi abu ampas tebu 10%

Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks (KN)	$f'b$ (Mpa)	$(f'b-f'cr)$ (Mpa)	$(f'b-f'cr)^2$ (Mpa)
C1	10,880	174,366	190	11,11	-0,202	0,041
C2	10,678	173,198	190	11,18	-0,312	0,017
C3	10,880	176,715	170	9,81	-1,502	2,256
C4	11,019	172,034	200	11,85	0,538	0,289
C5	11,075	177,895	220	12,61	1,298	1,685
				56,56		4,288

$$f'_{cr} = \frac{\sum f'b}{N} = \frac{56,56}{5} = 11,312 \text{ Mpa}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f'b - f'_{cr})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{4,288}{5-1}} = 1,035 \text{ Mpa}$$

$$f_c = f'_{cr} - k.s$$

$$= 11,312 - 1,64 (1,03 \times 1,035)$$

$$= 9,564 \text{ Mpa}$$

Tabel 5.11 Hasil kuat desak beton dengan variasi abu ampas tebu 15%

Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks (KN)	$f'b$ (Mpa)	$(f'b-f'cr)$ (Mpa)	$(f'b-f'cr)^2$ (Mpa)
D1	10,784	174,366	120	7,02	-1,824	3,327
D2	10,782	175,538	180	10,45	1,606	2,579
D3	10,700	170,873	110	6,56	-2,284	5,217
D4	10,985	176,715	200	11,54	2,696	7,268
D5	10,848	176,715	150	8,65	0,194	0,038
				44,22		18,429

$$\bar{f}'_{cr} = \frac{\sum f'b}{N} = \frac{44,22}{5} = 8,844 \text{ Mpa}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f'b - \bar{f}'_{cr})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{18,429}{5-1}} = 2,146 \text{ Mpa}$$

$$\bar{f}'_c = \bar{f}'_{cr} - k.s$$

$$= 8,844 - 1,64 (1,03 \times 2,146)$$

$$= 5,219 \text{ Mpa}$$

Tabel 5.12 Hasil kuat desak beton dengan variasi abu ampas tebu 20%

Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks (KN)	$f'b$ (Mpa)	$(f'b-f'cr)$ (Mpa)	$(f'b-f'cr)^2$ (Mpa)
E1	11,018	175,538	160	9,29	0,71	0,504
E2	10,469	180,267	120	6,79	-1,79	3,204
E3	10,835	170,873	160	9,55	0,97	0,941
E4	10,987	179,079	130	7,40	-1,18	1,392
E5	10,965	175,538	170	9,87	1,29	1,664
				42,90		7,705

$$\bar{f}'_{cr} = \frac{\sum f'b}{N} = \frac{42,90}{5} = 8,580 \text{ Mpa}$$

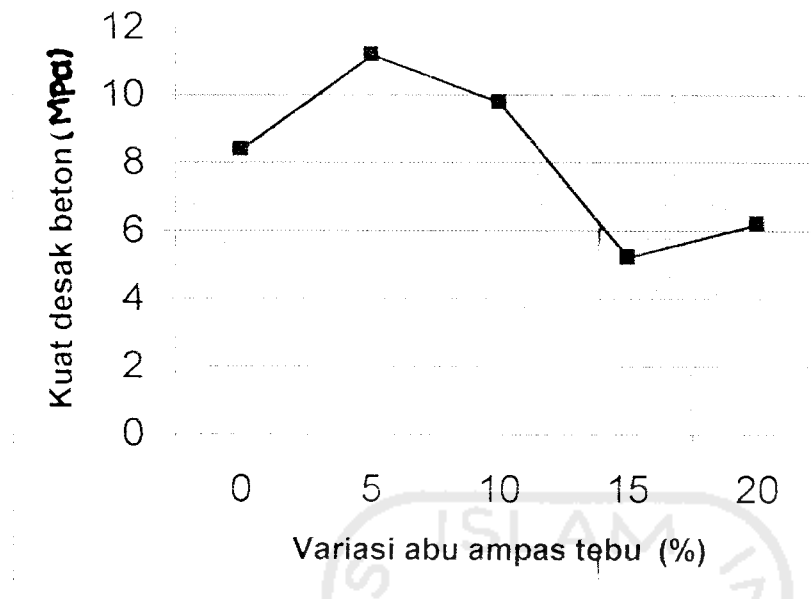
$$s = \sqrt{\frac{\sum (f'b - f'_{cr})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{7,705}{5-1}} = 1,388 \text{ Mpa}$$

$$f'_c = \bar{f}'_{cr} - k \cdot s$$

$$= 8,580 - 1,64 (1,03 \times 1,388)$$

$$= 6,235 \text{ Mpa}$$

Hasil perhitungan kuat desak beton dari data pengujian benda uji pada penelitian ini dicantumkan dalam Tabel 5.4 diatas.



Gambar 5.9 hubungan antara kuat desak beton dengan variasi penggantian sebagian semen dengan abu ampas tebu (hasil penelitian).

Dari Tabel 5.4 dan Gambar 5.9 Dapat diketahui bahwa kuat desak beton terjadi kenaikan kuat desak beton pada variasi 5% sebesar 11,353 Mpa dari kuat desak sebesar 8,848 Mpa atau mengalami kenaikan sebesar 28,311%. Dengan demikian penggunaan abu ampas tebu sebagai bahan pengganti sebagian berat semen dapat meningkatkan kuat desaknya pada batas-batas penggantian tertentu, dalam hal ini penggantian optimum adalah 5%. Hal ini terjadi karena pada variasi tersebut pori-pori beton terisi oleh abu ampas tebu sehingga kepadatan meningkat.

Variasi penggantian sebagian semen dengan abu ampas tebu di atas 10% tidak meningkatkan kuat desak beton karena dengan penggantian yang lebih banyak, cenderung mengganggu lekatan pasta semen pada agregat bahkan membentuk gumpalan yang tidak dapat tercampur dengan pasta semen. Hal inilah yang menyebabkan penurunan kuat desak beton.

Pada beton dengan agregat kasar pecahan genteng, kuat desak rencana sebesar 17,5 Mpa ternyata tidak tercapai. Dari pengamatan pada benda uji hasil uji desak terlihat bahwa saat diuji desak, agregat pecahan genteng akan pecah lebih dahulu. Hal ini menunjukkan bahwa daya ikat pasta semen masih kuat tetapi agregat kasar pecahan genteng sudah mencapai batas kemampuan menahan desak sehingga pecah lebih dahulu

5.5 Modulus Elastisitas Beton

Dari Tabel 5.5 Terlihat bahwa penggantian semen dengan 5% Abu ampas tebu mempunyai modulus elastis yang paling besar, dan diatas 10% tidak meningkatkan nilai modulus elastisitas beton, hal ini dikarena penggantian semen dengan abu ampas tebu yang semakin banyak akan mengganggu lekatan yang akhirnya mengurangi kekuatan kuat desak beton dan modulus elastisitasnya.