

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Setelah melaksanakan penelitian dan pengujian dilaboratorium, maka hal yang nantinya akan menjadi bahasan meliputi :

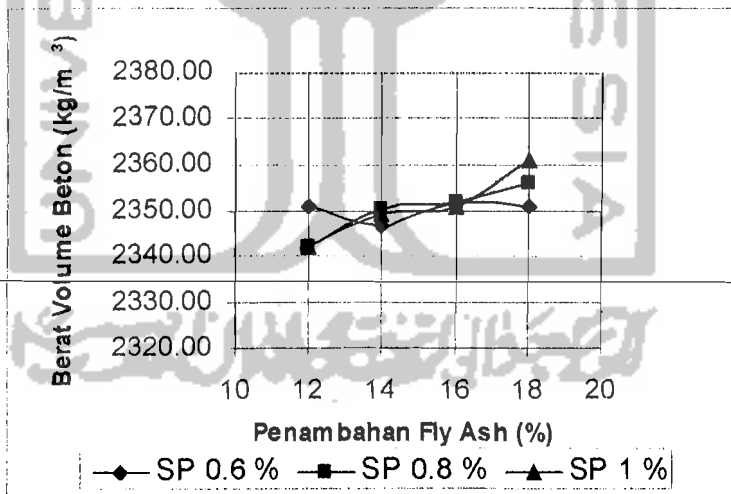
1. Berat volume beton dari tiap-tiap prosentase variasi substitusi *fly ash* dan penambahan *superplasticizer* dalam campuran adukan beton.
2. Tingkat workabilitas beton dari tiap-tiap prosentase substitusi *fly ash* dan penambahan *superplasticizer* dalam campuran adukan beton.
3. Kuat tekan beton dari tiap-tiap prosentase substitusi *fly ash* dan penambahan *superplasticizer* dalam campuran adukan beton.
4. Modulus elastisitas beton dengan substitusi *fly ash* dan penambahan *superplasticizer*.

5.2 Berat Volume Beton

Berat volume beton merupakan perbandingan antara berat beton dengan volume beton yang sangat tergantung dari komposisi material adukan beton yang direncanakan. Sehingga bila bahan penyusunnya memiliki berat volume yang besar, maka beton yang dihasilkan akan memiliki berat volume yang besar pula. Dari hasil penelitian di laboratorium didapat berat volume beton keras seperti terlihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Berat Volume Beton

| No | Tipe | Berat Volume Beton (kg/m ³) |
|-----|----------|--|
| 1. | F12SP0,6 | 2350.64 |
| 2. | F12SP0,8 | 2342.21 |
| 3. | F12SP1 | 2342.35 |
| 4. | F14SP0,6 | 2346.95 |
| 5. | F14SP0,8 | 2350.29 |
| 6. | F14SP1 | 2349.43 |
| 7. | F16SP0,6 | 2351.66 |
| 8. | F16SP0,8 | 2351.87 |
| 9. | F16SP1 | 2350.61 |
| 10. | F18SP0,6 | 2350.99 |
| 11. | F18SP0,8 | 2355.57 |
| 12. | F18SP1 | 2360.88 |



Gambar 5.1 Grafik Berat Volume Beton

Dari hasil penelitian pada tabel 5.1 dan gambar 5.1 dapat diketahui bahwa berat volume beton terbesar terdapat pada variasi F18SP1 yaitu sebesar 2360.88 kg/m³. Berat volume beton terkecil terdapat pada variasi F12SP0,8 yaitu sebesar 2342.21 kg/m³.

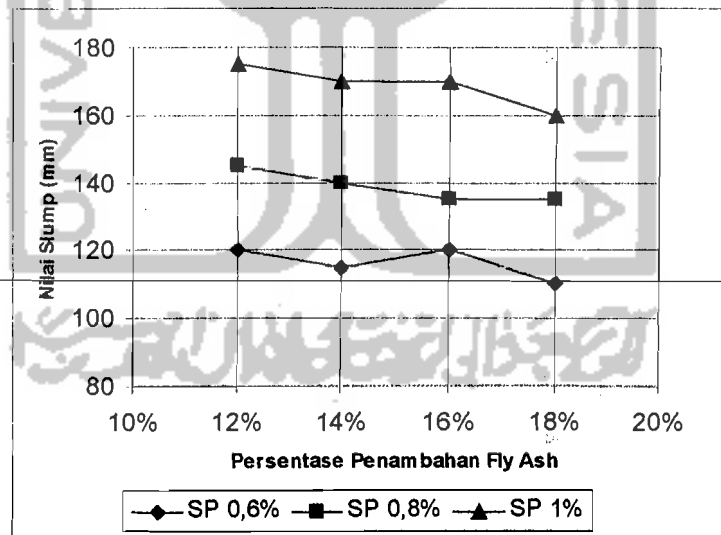
Dari hasil-hasil tersebut terlihat bahwa berat volume beton yang ada sangat bervariasi, hal ini dikarenakan pengaruh proporsi campuran beton dan proses pemadatan beton segar. Menurut Murdock dan Brook (1986), kekuatan beton yang lebih besar dapat dicapai dengan mempergunakan campuran yang lebih “kaya” semen serta memadatkannya sampai berat volume beton yang lebih besar.

5.3 Pengujian Workabilitas

Sifat ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan adukan untuk diaduk, dituang, dan dipadatkan. Dengan adanya perbedaan komposisi bahan pada tiap-tiap *mix design*, maka nilai *slump* yang dihasilkan juga bervariasi seperti yang tertera dalam tabel 5.2. Semakin besar nilai slump berarti adukan beton semakin encer sehingga tingkat workabilitasnya semakin tinggi.

Tabel 5.2 Nilai *slump* (mm) pada tiap variasi

| No | Tipe | Slump (mm) |
|-----|----------|------------|
| 1. | F12SP0.6 | 120 |
| 2. | F12SP0.8 | 145 |
| 3. | F12SP1 | 175 |
| 4. | F14SP0.6 | 115 |
| 5. | F14SP0.8 | 140 |
| 6. | F14SP1 | 170 |
| 7. | F16SP0.6 | 120 |
| 8. | F16SP0.8 | 135 |
| 9. | F16SP1 | 170 |
| 10. | F18SP0.6 | 110 |
| 11. | F18SP0.8 | 135 |
| 12. | F18SP1 | 160 |



Gambar 5.2 Grafik nilai slump pada tiap variasi

Dari tabel 5.2 dan gambar 5.2 di atas dapat diketahui bahwa untuk beton dengan penambahan *superplasticizer* 0.6% mengalami kesulitan dalam pengerjaan pengadukan beton dibandingkan dengan penambahan *superplasticizer* 0.8% dan 1%. Untuk beton dengan penambahan *superplasticizer* 0.8% dan 1% lebih mudah untuk diaduk, dituang dan dipadatkan, karena nilai slumpnya yang relatif lebih tinggi dibandingkan beton dengan penambahan *superplasticizer* 0.6%.

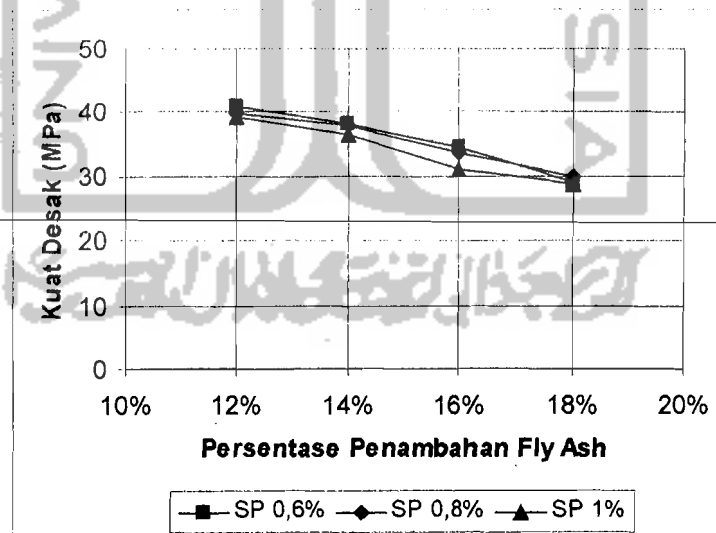
Dilihat dari penambahan kandungan *fly ash* maka nilai *slump* beton yang dihasilkan ada kecenderungan penurunan. Hal ini disebabkan air dalam adukan diserap oleh *fly ash* yang mempunyai tingkat penyerapan air cukup tinggi. Menurut Azhardi dan Ahmad (1998) semakin tinggi kandungan *fly ash*, diperlukan jumlah air yang lebih banyak untuk mencapai *workability* beton. Secara umum, beton dengan kandungan *fly ash* rendah dan *superplasticizer* yang besar seperti pada tipe F12SP1, lebih mudah dikerjakan dibandingkan beton dengan kandungan *fly ash* besar dan *superplasticizer* yang sedikit seperti pada tipe F18SP0,6.

5.3 Analisis Kuat Desak Benda Uji

Setelah dilakukan pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat desak benda uji tersebut. Pengujian kuat desak beton dilakukan pada benda uji umur 28 hari. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa kuat tekan beton maksimum terdapat pada tipe variasi F12SP0,6 dengan kuat tekan rata-rata sebesar 41,80 MPa. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut ini.

Tabel 5.3 Kuat Desak Beton Rata-rata

| No | Tipe | Kuat Desak Rata-rata (MPa) |
|-----|----------|----------------------------|
| 1. | F12SP0,6 | 41.80 |
| 2. | F12SP0,8 | 39.74 |
| 3. | F12SP1 | 39.35 |
| 4. | F14SP0,6 | 38.05 |
| 5. | F14SP0,8 | 37.74 |
| 6. | F14SP1 | 36.47 |
| 7. | F16SP0,6 | 34.57 |
| 8. | F16SP0,8 | 33.71 |
| 9. | F16SP1 | 31.20 |
| 10. | F18SP0,6 | 29.08 |
| 11. | F18SP0,8 | 29.99 |
| 12. | F18SP1 | 28.93 |



Gambar 5.3 Grafik kuat desak beton rata-rata

Dari tabel 5.3 dan gambar 5.3 di atas dapat dilihat bahwa kuat desak beton tertinggi terdapat pada tipe F12SP0,6 yaitu sebesar 41,80 MPa dan kuat desak beton terendah terdapat pada tipe F18SP1 yaitu sebesar 28,93 MPa. Dari data diatas juga dapat dilihat bahwa substitusi 12% *fly ash* mempunyai kuat desak lebih tinggi dibandingkan dengan beton variasi substitusi *fly ash* lainnya.

Telah diketahui bahwa *fly ash* merupakan bahan tambah yang bersifat aktif bila dicampur dengan kapur atau semen, dan beton *fly ash* memiliki kuat tekan lebih tinggi daripada beton normal pada komposisi tertentu (M. Rifai Syakuri dan Haryadi, 1997).

Pengaruh *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen mengakibatkan terjadinya reaksi pengikatan kapur bebas yang dihasilkan dalam proses hidrasi semen oleh silika yang terkandung dalam *fly ash*. Selain itu, butiran *fly ash* yang jauh lebih kecil membuat beton lebih padat karena rongga antara butiran agregat diisi oleh *fly ash*.

Beton dengan substitusi *fly ash* diatas 12% mengalami kuat tekan lebih rendah, bahkan pada substitusi *fly ash* 16% dan 18% kuat tekannya lebih rendah dari kuat tekan yang direncanakan. Hal ini disebabkan penggunaan *fly ash* yang banyak cenderung mengganggu lekatan semen pada agregat bahkan membentuk gumpalan-gumpalan *fly ash* yang tidak dapat tercampur dengan pasta semen. Hal inilah yang menyebabkan penurunan kuat desak beton.

Menurut hasil penelitian Azhardi dan Ahmad (1998) dengan penggantian sebagian semen oleh *fly ash* sebanyak 15% menyebabkan kuat tekan lebih rendah dari beton normal. Hal ini dikarenakan jumlah kandungan senyawa C_3S dan

senyawa C_3A dalam semen ikut berkurang. Dimana senyawa C_3S dalam semen memiliki peranan yang besar pada perkembangan kekuatan beton. Dan senyawa C_3A memiliki pengaruh memberikan sifat pada campuran agar cepat kaku.

Dari penelitian terlihat bahwa semakin rendah kandungan *fly ash*, kuat tekan semakin tinggi. Pada campuran yang sama tetapi dengan kandungan *fly ash* lebih tinggi terlihat bahwa kuat tekan lebih rendah daripada campuran kandungan *fly ash* rendah. Hal ini mungkin disebabkan karena campuran *fly ash* telah mencapai kadar optimumnya. Dengan mengurangi kandungan *fly ash*, kekuatan dapat meningkat sebagaimana yang diperlihatkan pada tipe F12SP0,6, F12SP0,8, dan F12SP1.

Adanya penambahan *superplasticizer* tidak begitu berpengaruh terhadap kuat desak beton. Hal ini dikarenakan dengan nilai faktor air semen yang tetap *superplasticizer* hanya berguna dalam hal kemudahan pengerjaan pengadukan beton (*workability*).

5.3 Analisis Modulus Elastisitas Beton

Pengujian tegangan-regangan tidak dilakukan terhadap seluruh benda uji disebabkan keterbatasan biaya yang tersedia, sehingga hanya diambil 2 sampel dari satu variasi berjumlah 15 sampel. Seluruh pengujian tegangan-regangan dilaksanakan di Laboratorium Bahan Kontruksi Teknik, FTSP UII. Kurva hubungan tegangan-regangan benda uji untuk masing-masing variasi ditunjukkan pada lampiran D.

Perhitungan Modulus Elastisitasnya sebagai berikut :

$$\text{Modulus Elastisitas (Ec)} = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (1)$$

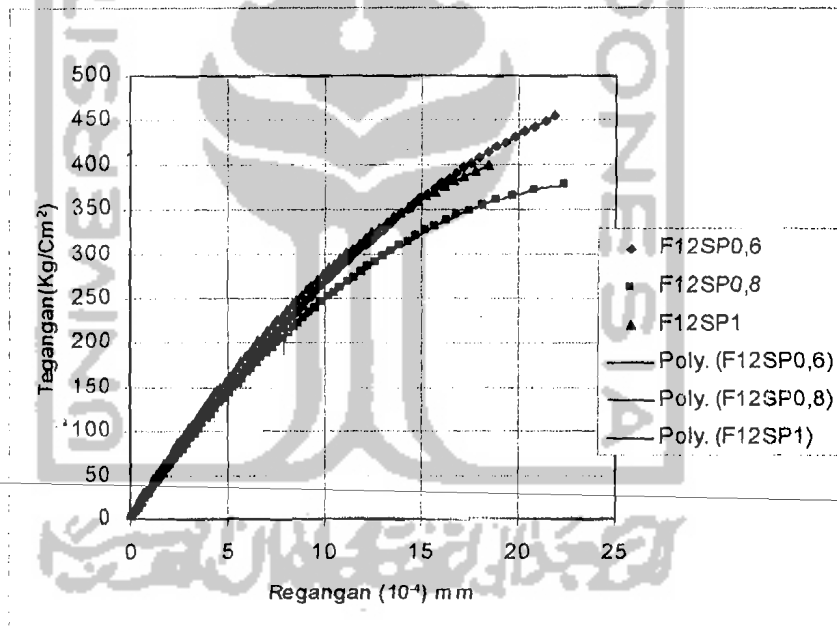
Dimana : σ = Tegangan pada 0,4 kuat tekan uji

ϵ = Regangan yang dihasilkan dari tegangan (σ)

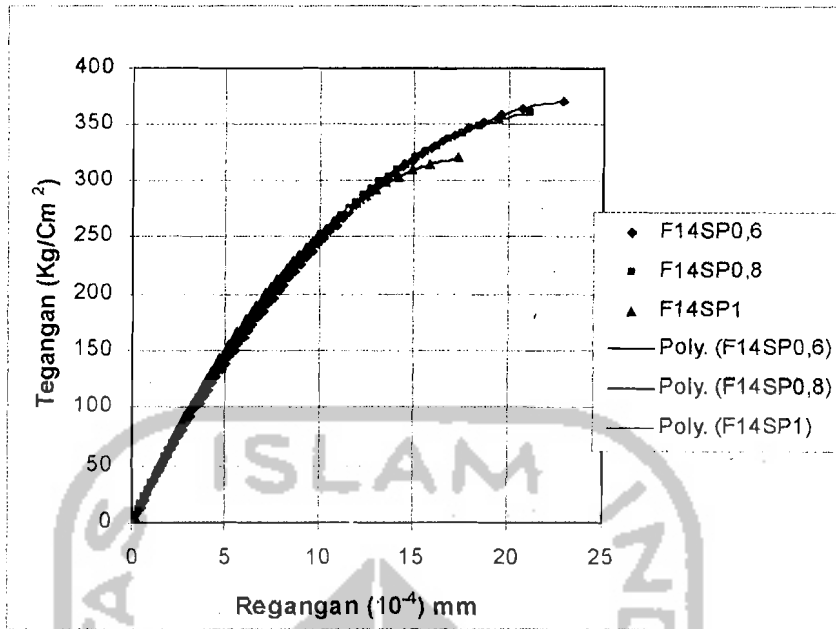
Pada tipe F12SP0,6, didapat $\sigma = 184,07 \text{ kg/cm}^2$ dan $\epsilon = 6,433 \cdot 10^{-4}$

$$Ec = \frac{184,07}{6,433 \cdot 10^{-4}} = 286133,997 \text{ kg/cm}^2$$

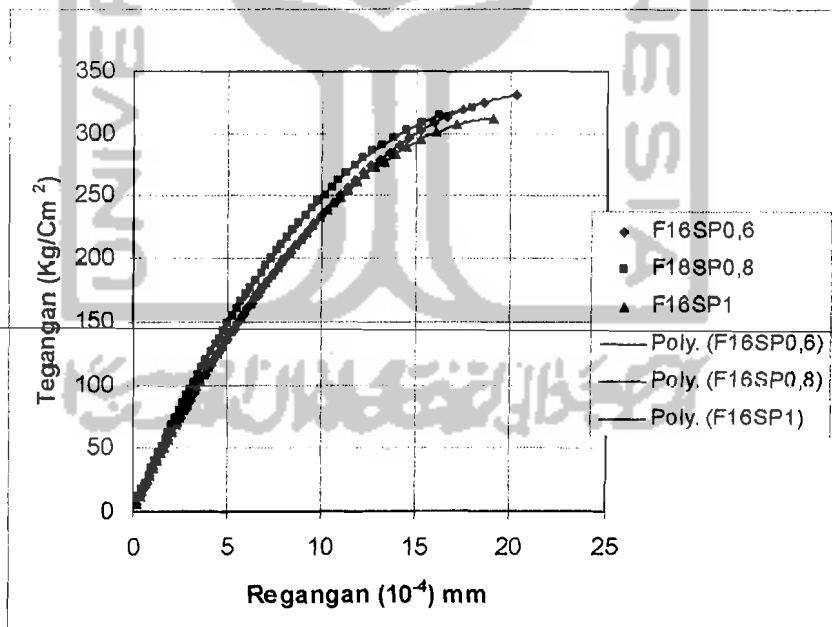
Untuk grafik tegangan regangannya dapat dilihat pada gambar-gambar dibawah ini:



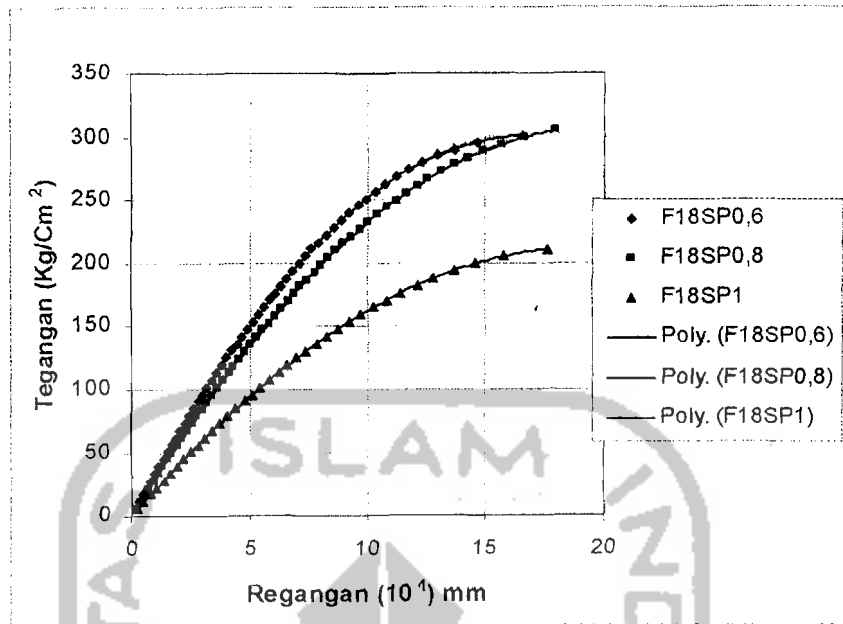
Gambar 5.4 Grafik Tegangan Regangan Tipe F12SP0,6; F12SP0,8; F12SP1



Gambar 5.5 Grafik Tegangan Regangan Tipe F14SP0,6; F14SP0,8; F14SP1



Gambar 5.6 Grafik Tegangan Regangan Tipe F16SP0,6; F16SP0,8; F16SP1



Gambar 5.7 Grafik Tegangan Regangan Tipe F18SP0,6; F18SP0,8; F18SP1

Selain menggunakan penyelesaian diatas, penetapan nilai modulus elastisitas beton bisa dilakukan dengan cara lain berdasar kerapatan (density) / berat beton, menurut SK-SNI-T-15-1991-03 untuk beton kepadatan normal dengan berat isi $\pm 23 \text{ KN/m}^3$ nilai modulus elastisitas beton menggunakan rumus :

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'}$$

dimana E_c = Modulus Elastisitas Beton (MPa)

f_c' = Kuat Tekan Beton (MPa)

Pada tipe F12SP0,6, dengan kuat tekan beton 41,80 MPa

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{41,80} = 30386,8721 \text{ MPa} \\ &= 309754,050 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk tipe selanjutnya dapat dilihat tabel 5.4 :

Tabel 5.4 Hasil pengujian modulus elastisitas

| No. | Tipe | σ (kg/cm ²) | ϵ (10 ⁻⁴) | Ec Berdasar Pengujian (kg/cm ²) | Ec Berdasar Teori (kg/cm ²) | Selisih (%) |
|-----|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|---|----------------|
| 1 | F12SP0,6 | 184,070 | 6,443 | 285689,896 | 309754,051 | -7,77 |
| 2 | F12SP0,8 | 154,380 | 5,592 | 276072,961 | 302024,925 | -8,59 |
| 3 | F12SP1 | 161,922 | 5,086 | 318368,069 | 300539,267 | 5,93 |
| 4 | F14SP0,6 | 150,356 | 5,482 | 274272,163 | 295533,138 | -7,19 |
| 5 | F14SP0,8 | 148,663 | 5,310 | 279967,985 | 294326,795 | -4,88 |
| 6 | F14SP1 | 131,163 | 4,304 | 304746,747 | 289332,178 | 5,33 |
| 7 | F16SP0,6 | 136,813 | 5,009 | 273134,358 | 281694,614 | -3,04 |
| 8 | F16SP0,8 | 131,340 | 4,406 | 298093,509 | 278168,680 | 7,16 |
| 9 | F16SP1 | 124,832 | 4,494 | 277774,811 | 267612,350 | 3,80 |
| 10 | F18SP0,6 | 125,132 | 3,977 | 314639,175 | 258360,464 | 21,78 |
| 11 | F18SP0,8 | 130,057 | 4,802 | 270839,234 | 262371,759 | 3,23 |
| 12 | F18SP1 | 90,908 | 4,301 | 211364,799 | 257693,267 | -17,98 |

Dari hasil penelitian pada tabel 5.4 dapat diketahui bahwa modulus elastisitas beton terbesar terdapat pada variasi F12SP1 yaitu sebesar 318368,069 kg/cm². Modulus elastisitas beton terkecil terdapat pada variasi F18SP1 yaitu sebesar 211364,799 kg/cm².

Dari data diatas juga dapat diketahui bahwa terjadi perbedaan nilai modulus elastisitas berdasarkan perhitungan menggunakan grafik tegangan regangan dibandingkan berdasarkan teori. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh pengerjaan pembuatan sampel yang kurang baik dan minimnya jumlah sampel untuk pengujian tegangan regangan.

Dari grafik tegangan regangan, kurva tegangan regangan berbentuk lengkung. Hal ini menandakan nilai regangan tidak berbanding lurus dengan nilai tegangannya pada tegangan tinggi, yang berarti beton tidak sepenuhnya elastis.

Bentuk kurva tegangan-regangan dipengaruhi oleh karakteristik agregat yang digunakan dan faktor pengujian seperti alat uji dan kecepatan pembebanan. Daerah terlemah pada beton adalah daerah antara pasta semen dengan agregat kasar. Penggunaan agregat kasar batu pecah yang memiliki permukaan kasar akan mengurangi hal tersebut, sehingga meningkatkan kuat tekan dan memperkecil deformasi yang terjadi akibat pembebanan.

