

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Dari hasil pengujian kuat tarik beton terhadap benda uji yang telah berumur 28 hari, maka diperoleh beban maksimum yang dapat ditahan oleh beton yang diperlihatkan pada tabel 5.1 dan seterusnya, selanjutnya akan dianalisis terhadap kuat tariknya dengan rumus sebagai berikut :

$$\sigma_m = \frac{P}{\pi L D}$$

dengan : σ_m = kuat tarik beton (kg/cm²), P = gaya tekan yang menyebabkan silinder pecah (kg), L = tinggi silinder (cm), D = diameter silinder (cm)

Adapun rumus kuat tarik beton seratnya menurut Suhendro (1992) adalah :

$$f_{if} = 0,97 \times f_c \times (1 - V_f) + \left[3,41 \times V_f \times \left(\frac{l}{d} \right) \right]$$

dengan : f_c = kuat tarik beton biasa (N/mm²), V_f = fiber volume fraction (%)

l/d = fiber aspect ratio, f_{if} = kuat tarik beton fiber (N/mm²)

Kuat tarik untuk beton serat menurut Callister (1993) adalah sebagai berikut :

untuk $l > l_c$

$$(TS)_c = (TS)_f \times V_f \left(1 - \frac{l_c}{2l}\right) + (TS)'_m (1 - V_f)$$

dengan : $(TS)_c$ = kuat tarik beton komposit, $(TS)_f$ = kuat tarik serat

l = panjang serat, l_c = panjang kritis serat, $(TS)'_m$ = kuat tarik beton

untuk $l < l_c$

$$(TS)_c = \frac{l\tau_c}{d} V_f + (TS)'_m (1 - V_f)$$

dengan : τ_c = kekuatan ikatan serat – beton, d = diameter serat

Bolton (1993), menyatakan kuat tarik beton komposit (serat) adalah sebagai berikut :

$$\text{kuat tarik komposit } (\sigma_c) = \sigma_f f_f + \sigma_m f_m$$

dengan : σ_m = kuat tarik serat, f_f = volume serat, σ_m = kuat tarik beton

f_f = volume beton

Perhitungan analisis hasil pengujian kuat tarik beton akan ditunjukkan pada tabel 5.1 sampai tabel 5.4 sebagai berikut :

Tabel 5.1 Hasil kuat tarik beton tanpa serat umur 28 hari

No	Serat		Beton			Gaya Tekan (KN)	Kuat Tarik (kg/cm ²)
	Panjang (cm)	diameter (cm)	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Berat (kg)		
1	0	0	29,90	14,90	12,980	180	26,228
2	0	0	30,20	14,80	12,835	173	25,126
3	0	0	29,80	15,10	12,909	195	28,132
4	0	0	29,75	15,00	12,805	185	26,912
5	0	0	30,20	15,05	13,053	187	26,708
6	0	0	29,95	15,10	12,990	175	25,119
Rata-rata							26,370

$$\sigma_m = \frac{2P}{\pi l D}$$

$$= \frac{2 \times 180 \times 1000}{\pi \times 29,90 \times 14,90}$$

$$= 257,21 \text{ N/cm}^2$$

$$= 26,228 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 5.2 Hasil kuat tarik beton serat diameter 0,040 cm, konsentrasi serat 1,5 %
umur 28 hari

No	Serat		Beton			Gaya Tekan (KN)	Kuat Tarik (kg/cm ²)
	Panjang (cm)	diameter (cm)	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Berat (kg)		
1	3,00	0,040	30,10	14,90	12,626	188	27,212
2	3.00	0.040	30,10	15,00	12,813	198	28,468
3	3.00	0.040	30,30	15,00	12,549	200	28,566
4	3.00	0.040	29,00	14,90	12,611	189	28,394
5	3.00	0.040	30,40	15,10	12,735	190	26,869
6	3.00	0.040	30,20	15,10	12,862	195	27,759
Rata-rata							27,878

$$\begin{aligned}
 \sigma_m &= \frac{2 P}{\pi d D} \\
 &= \frac{2 \times 188 \times 1000}{\pi \times 30,10 \times 14,90} \\
 &= 266,86 \text{ N/cm}^2 \\
 &= 27,212 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Tabel 5.3 Hasil kuat tarik beton serat diameter 0,060 cm, konsentrasi serat 1,5 %
umur 28 hari

No	Serat		Beton			Gaya Tekan (KN)	Kuat Tarik (kg/cm ²)
	Panjang (cm)	diameter (cm)	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Berat (kg)		
1	4,40	0,060	30,00	15,05	12,435	210	30,194
2	4.40	0.060	30,05	15,00	12,535	190	26,976
3	4.40	0.060	30,00	15,00	12,567	187	30,049
4	4.40	0.060	30,10	15,00	12,576	209	27,363
5	4.40	0.060	29,70	15,10	12,512	196	28,371
6	4.40	0.060	29,70	15,00	12,466	199	28,997
Rata-rata							28,658

$$\begin{aligned}
 \sigma_m &= \frac{2P}{\pi LD} \\
 &= \frac{2 \times 210 \times 1000}{\pi \times 30,00 \times 15,05} \\
 &= 296,10 \text{ N/cm}^2 \\
 &= 30,194 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Tabel 5.4 Hasil kuat tarik beton serat diameter 0,095 cm, konsentrasi serat 1,5 %
umur 28 hari

No	Serat		Beton			Gaya Tekan (KN)	Kuat Tarik (kg/cm ²)
	Panjang (cm)	diameter (cm)	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Berat (kg)		
1	7,00	0,095	30,20	15,20	12,926	225	31,819
2	7.00	0.095	30,20	15,10	13,019	200	28,470
3	7.00	0.095	30,30	15,05	12,827	205	29,183
4	7.00	0.095	30,30	15,00	12,714	232	33,136
5	7.00	0.095	30,50	15,00	13,082	228	32,351
6	7.00	0.095	30,10	15,00	12,721	213	30,625
Rata-rata							30,931

$$\begin{aligned}
 \sigma_m &= \frac{2 P}{\pi d.D} \\
 &= \frac{2 \times 225 \times 1000}{\pi \times 30,20 \times 15,20} \\
 &= 312,04 \text{ N/cm}^2 \\
 &= 30,931 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Pengujian dan perhitungan kuat tarik serat dapat dilihat pada tabel 5.5

Tabel 5.5 Hasil pengujian kuat tarik serat nylon

Diameter (cm)	Banyak Lilitan	Panjang (cm)	Panjang Setelah Ditarik (cm)	Luas Total (cm ²)	Beban max. (kg)	Kuat Tarik (kg/cm ²)
0,040	106	17,50	19,20	0,133	132,50	996,24
0,060	46	17,50	19,50	0,130	112,50	865,38
0,095	11	17,50	19,00	0,078	27,50	352,56

$$\sigma_u = \frac{P_u}{A}$$

$$= \frac{132,50}{106 \left[\frac{1}{4} \pi (0,040)^2 \right]} = 996,24 \text{ kg/cm}^2$$

Adapun grafik hubungan kuat tarik serat dengan diameter serat dibuat dengan memakai persamaan regresi linear dengan rumus sebagai berikut :

$$\hat{Y} = a + bx$$

a dan b diperoleh dari rumus sebagai berikut :

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}$$

dan

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

N0	Diameter (cm) Xi	Kuat Tarik Serat (kg /cm ²) Yi
1	0,04	996,24
2	0,06	865,38
3	0,095	352,56
	0,195	2214,18

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{0,195}{3} = 0,065$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n} = \frac{2214,18}{3} = 738,06$$

$$\sum_{i=1}^n x_i y_i = 125,2656$$

$$\sum_{i=1}^n x_i = 0,195$$

$$\sum_{i=1}^n y_i = 2214,18$$

$$\sum_{i=1}^n x_i^2 = 0,014225$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}$$

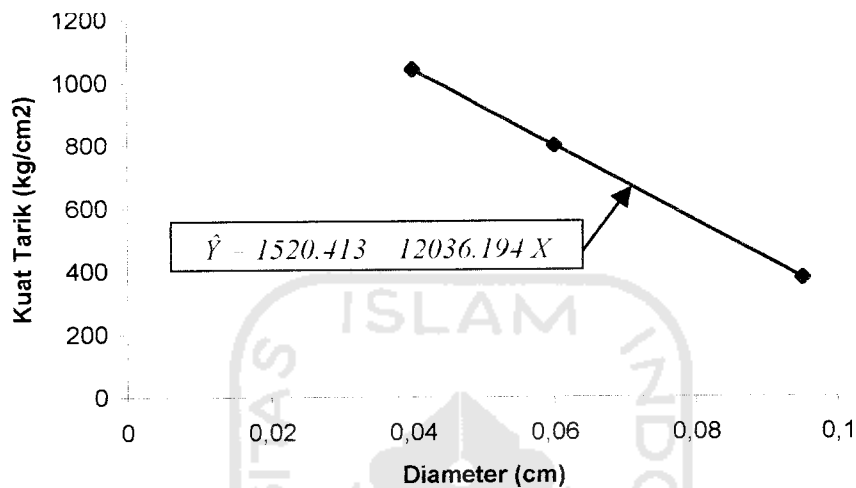
$$b = \frac{(3)(125,2656) - (0,195)(2214,18)}{(3)(0,014225) - (0,195)^2} = -012036,194$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$= 738,06 - (-12036,194 \times 0,065) = 1520,413$$

$$\hat{Y} = a + bx$$

$$= 1520,413 - 12036,194X$$



Gambar 5.1 Grafik hubungan diameter serat dan kuat tarik serat

5.2 Pembahasan

5.2.1 Workabilty

Pada penelitian pembuatan beton serat ada beberapa hal yang bisa diketahui dalam proses pengerjaan dan pembuatan beton serat ini. Terutama pada pengaruh penambahan serat nylon terhadap kelecakkan atau kekentalan dari adukan beton, tanpa merubah komposisi dari jumlah air maupun semen yang telah digunakan dalam perbandingan awal. Perbandingan antara semen, pasir, krikil dan air senantiasa tetap untuk semua pencetakan sample. Perubahan hanya terjadi pada konsentrasi penambahan serat nylon yaitu sebesar 1,5 % dari volume beton dengan variasi dan diameter serat pada l/d konstan. Seberapa besar kelecakkan

atau kekentalan dari adukan beton tanpa serat maupun beton serat dapat diketahui dari nilai slump yang terjadi.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Nilai Slump pada Beton Biasa dan Beton Serat Konsentrasi 1,5 %

Beton	Diameter Serat (cm)	Panjang Serat (cm)	Slump (cm)
V0	0	0	10
V1	0,040	3,0	6
V2	0,060	4,4	7
V3	0,095	7,0	7

Dari nilai slump yang dihasilkan pada tabel 5.6 ada nilai slump yang tidak memenuhi syarat perencanaan yaitu sebesar 7,5 – 15 cm. Nilai slump yang lebih kecil dari 7,5 cm dialami oleh beton serat, hal ini menunjukkan adanya pengaruh penambahan serat plastik nylon terhadap workability. Kelecekan atau kekentalan adukan beton serat lebih kecil dibandingkan dengan beton biasa, ini berarti bahwa kemudahan pengerjaan lebih rendah (sulit).

Pada penelitian Sudarmoko (1993), menyatakan bahwa dalam proses pengadukan, adanya serat kawat bendrat pada adukan akan sedikit mempersulit proses pencampuran dan terjadi proses *balling*. Dengan mendefinisikan bahwa nilai slump harus masih mencapai kemudahan dalam pelaksanaan pencampuran adukan, yang dalam hal ini Sudarmoko memberi batas minimal slump harus sekitar 6 cm untuk beton serat, maka penurunan kelecakan adukan tersebut diatasi

dengan penambahan pasta semen sampai didapat nilai slump = 6 cm. Dengan asumsi bahwa nilai slump untuk beton serat plastik nylon sama dengan nilai slump beton serat kawat bendrat, maka nilai slump yang kecil yaitu 6 cm dan 7 cm menunjukkan bahwa pedoman workability untuk beton biasa, yang didasarkan pada nilai slump tersebut tidak dapat dipakai untuk beton serat. Pada penelitian ini nilai slump didapat tanpa ada penambahan pasta semen.

5.2.2 Kuat Tarik

Kuat tarik sangat penting untuk menahan retak. Kuat tarik beton berkisar antara 5 – 12 % dari kuat desak beton (Sudarmoko, 1993). Pada penelitian ini pengujian kuat tarik benda uji dilaksanakan setelah beton berumur 28 hari, dengan metode pecah belah silinder (split cylinder). Hasil kuat tarik beton didapat dari uji belah silinder dengan jumlah sampel beton sebanyak 24 buah silinder beton ukuran diameter 15 cm, tinggi 30 cm.

Dalam penelitian Suhendro 1992, yang menguji kuat tarik beton dengan penambahan serat bendrat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$f_{tf} = 0,97 \times f_c \times (1 - V_f) + \left[3,41 \times V_f \times \left(\frac{l}{d} \right) \right]$$

dengan : f_c = kuat tarik beton biasa (N/mm^2), V_f = fiber volume fraction

l/d = fiber aspect ratio, f_{tf} = kuat tarik beton fiber (N/mm^2)

Dengan asumsi bahwa rumus diatas dapat digunakan pada pengujian kuat tarik beton dengan penambahan serat plastik nylon pada l/d konstan yaitu 72,73 dan kuat tarik beton biasa $26,37 \text{ kg/cm}^2$ (= $2,586 \text{ N/mm}^2$), maka kuat tarik beton serat nylon adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 F_{ur} &= 0,97 \times 2,586 \times (1 - 0,015) + [3,41 \times 0,015 \times (72,73)] \\
 &= 6,19 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 61,9 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Menurut Callister (1993), kuat tarik beton serat adalah sebagai berikut :

$$l > l_c, \text{ maka } (TS)_c = (TS)_f \times V_f \left(1 - \frac{l_c}{2l}\right) + (TS)_m (1 - V_f)$$

untuk serat nylon D = 0,040 cm

$$\begin{aligned}
 (TS)_c &= 994,72 \times 0,015 \left[1 - \left(\frac{(19,20 - 17,50)}{2 \times 17,50}\right)\right] + 26,370(1 - 0,015) \\
 &= 40,175 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

untuk serat nylon D = 0,060 cm

$$\begin{aligned}
 (TS)_c &= 864,97 \times 0,015 \left[1 - \left(\frac{(19,50 - 17,50)}{2 \times 17,50}\right)\right] + 26,370(1 - 0,015) \\
 &= 38,207 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

untuk serat nylon D = 0,095 cm

$$\begin{aligned}
 (TS)_c &= 352,69 \times 0,015 \left[1 - \left(\frac{(19,00 - 17,50)}{2 \times 17,50}\right)\right] + 26,370(1 - 0,015) \\
 &= 31,038 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Menurut Bolton (1993), kuat tarik beton komposit (serat) menggunakan rumus adalah sebagai berikut :

$$\text{kuat tarik komposit } (\sigma_c) = \sigma_f f_f + \sigma_m f_m$$

untuk serat nylon D = 0,040 cm

$$\begin{aligned}\sigma_c &= (994,97 \times 0,015) + 26,370 (1-0,015) \\ &= 40,895 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

untuk serat nylon D = 0,060 cm

$$\begin{aligned}\sigma_c &= (864,97 \times 0,015) + 26,370 (1-0,015) \\ &= 38,949 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

untuk serat nylon D = 0,095 cm

$$\begin{aligned}\sigma_c &= (352,69 \times 0,015) + 26,370 (1-0,015) \\ &= 31,265 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Hasil pengujian kuat tarik rata-rata beton pada umur 28 hari dengan metode belah silinder dapat dilihat pada tabel 5.7.

Tabel 5.7 Hasil Rata-rata Kuat Tarik Beton Serat dengan Panjang Serat, Diameter Serat dan Berat Beton.

No	Serat		Berat Beton (kg)	Kuat Tarik (kg/cm ²)
	Panjang (cm)	Diameter (cm)		
1	0	0	12,928	26,370
2	3,00	0,040	12,699	27,878
3	4,40	0,060	12,849	28,659
4	7,00	0,095	12,881	30,931

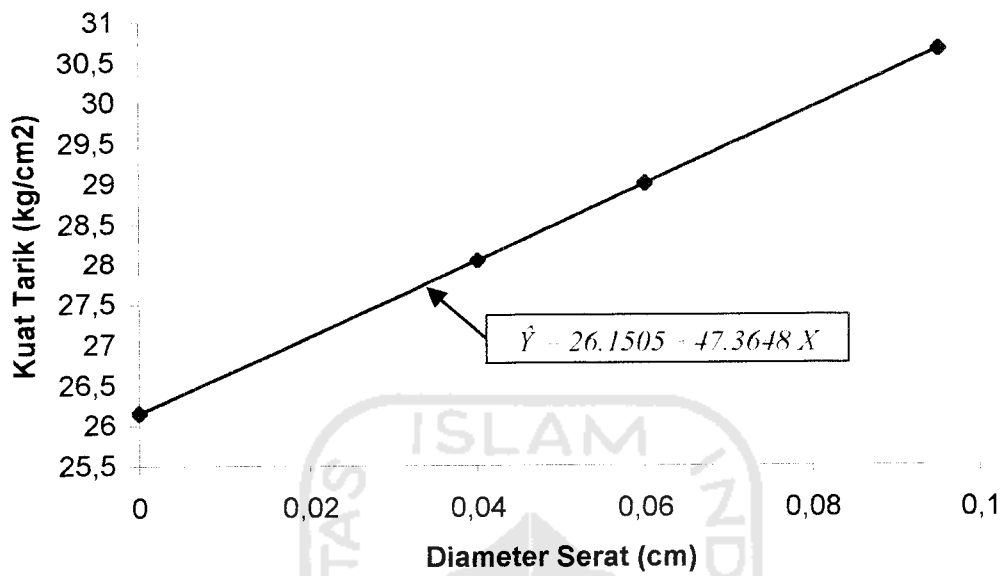
Pada penelitian ini mengasumsikan bahwa serat nylon yang berdiameter besar akan memberikan kuat tarik yang lebih besar dibandingkan dengan serat

nylon yang berdiameter kecil, tetapi untuk mendapatkan kuat tarik serat nylon yang berdiameter kecil diperlukan penambahan lilitan serat yang lebih banyak dibandingkan dengan serat nylon yang berdiameter besar, sehingga penambahan serat ini menjadikan kuat tarik serat nylon yang berdiameter kecil tinggi, seperti yang ditunjukkan pada tabel 5.5. Dari hasil perhitungan kuat tarik beton serat yang menggunakan persamaan Callister (1993) dan Bolton (1993), didapatkan hasil kuat tarik beton serat berdiameter kecil lebih besar dibandingkan dengan kuat tarik beton serat yang berdiameter besar. Berbeda dengan hasil kuat tarik beton serat yang diperoleh dari metode belah silinder, seperti yang ditunjukkan pada tabel 5.7. Hal ini membuktikan bahwa hasil uji kuat tarik serat nylon tidak akurat. Karena untuk uji tarik serat nylon dibutuhkan mesin uji tarik khusus.

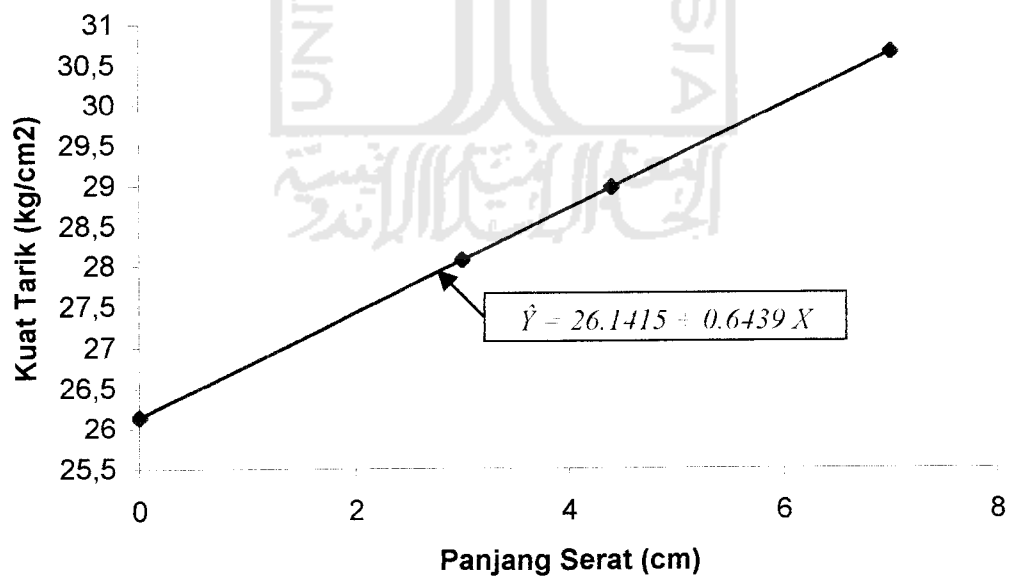
Secara umum, persamaan kuat tarik beton serat yang dinyatakan oleh Callister (1993) dan Bolton (1993) dapat digunakan untuk mencari kuat tarik beton serat. Sedangkan persamaan kuat tarik beton serat menurut Suhendro (1992) tidak dapat digunakan untuk mencari kuat tarik beton serat nylon.

Dari tabel 5.6 kuat tarik yang maksimum didapat pada beton serat dengan diameter serat 0,095 cm, panjang 7 cm yaitu 3,0931 Mpa.

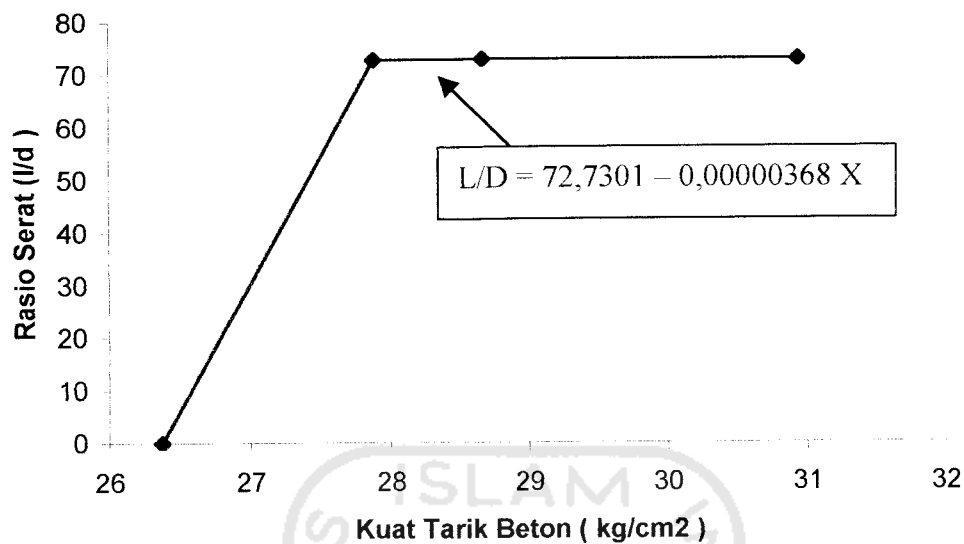
Adapun grafik hubungan antara kuat tarik, diameter serat, panjang serat dan berat beton dengan konsentrasi serat 1,5 % dan l/d konstan (= 72,73) masing-masing adalah sebagai berikut :



Gambar 5.2 Hubungan diameter serat dengan kuat tarik beton



Gambar 5.3 Hubungan panjang serat dengan kuat tarik beton



Gambar 5.4 Hubungan ratio serat ($l/d = 72,73$) dengan kuat tarik beton

Dari tabel 5.7 juga pada gambar grafik yang ditunjukkan pada gambar 5.1 dan gambar 5.2 dapat dilihat ada peningkatan kuat tarik rata-rata beton dengan penambahan serat plastik nylon pada umur 28 hari. Meskipun peningkatan kuat tarik rata-rata beton serat relatif sedikit dibanding dengan beton biasa, tetapi peningkatan kuat tarik tersebut membuktikan bahwa penambahan serat plastik dapat meningkatkan kuat tarik beton yaitu 2,637 Mpa untuk beton tanpa serat, 2,7878 Mpa untuk beton serat dengan diameter serat 0,040 cm, 2,8659 Mpa untuk beton serat dengan diameter 0,060 cm dan 3,0931 Mpa untuk beton serat dengan diameter 0,095 cm. Nilai kuat tarik yang cenderung meningkat ini menunjukkan bahwa variasi diameter dan panjang serat dengan ratio l/d konstan (= 72,73) dapat ditingkatkan lagi guna mencapai kuat tarik yang optimum.

Tabel 5.8 Kenaikan kuat tarik beton serat dalam persen

No	Serat		Kuat Tarik (kg/cm ²)	Kenaikan Kuat Tarik (%)
	Panjang (cm)	Diameter (cm)		
1	0	0	26,370	0
2	3,00	0,040	27,878	5,71
3	4,40	0,060	28,659	8,68
4	7,00	0,095	30,931	17,29

Secara keseluruhan dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penambahan serat plastik nylon ke dalam adukan beton , ternyata mempunyai pengaruh terhadap peningkatan kuat tarik beton meskipun relatif kecil.