

## PENGARUH PENAMBAHAN POLYPROPYLENE FIBER MESH TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON

Hajatni Hasanr\*,Burhan Tatong\*, Joko Tole

### Abstract

*Polypropylene fiber is the fiber type of plastic (polypropylene) which is a special production with high technology. It is a chemical compound with the formula C<sub>3</sub>H<sub>6</sub> hydrocarbons in the form of a single filament or thin fibrous tissue shaped nets with a length of 6 mm to 50 mm and has a diameter of 8-90 microns. These fibers can be used to improve the performance of concrete.*

*This research aims to determine how much influence the addition of polypropylene fibers on mechanical properties of concrete (compressive strength, split tensile strength and flexural strength). polypropylene fibers used doses of 0; 0.40 kg/m<sup>3</sup>, 0.60 kg/m<sup>3</sup>, 0.80 kg/m<sup>3</sup> of concrete, which is made on the type of concrete f'c 20 MPa with the value of water cement factor (FAS) at 0.53. Calculation of mixed concrete plans using guidelines DOE (Department of Environment). The research location at Concrete and Building Materials Laboratory of the Faculty of Engineering, University Tadulako Palu. Specimens made as many as 72 pieces of 60 cylinders (D15 x 30 cm<sup>3</sup>) and a beam of 12 pieces (15 x 15 x 60 cm<sup>3</sup>). Specimen testing performed at 28 days.*

*Test results obtained fiber concrete compressive strength, split tensile strength and flexural strength, higher than normal concrete. Compressive strength testing of optimum values obtained at doses 0.60 kg/m<sup>3</sup>. with an increase of 3.62% compared to normal concrete. From testing split tensile strength and flexural strength optimum values obtained of each at doses of 0.65 kg/m<sup>3</sup> and 0.58 kg/m<sup>3</sup>. For the split tensile strength increased 20.44% and flexural strength increased 11.26% compared to normal concrete.*

**Keywords:** polypropylene fibers. mechanical properties of concrete.

### 1. Pendahuluan

Penggunaan serat untuk memperkuat material yang getas telah lama dikenal. Berbagai macam serat yang dapat dipergunakan untuk memperbaiki sifat mekanis beton antara lain adalah serat baja (*steel fibre*), serat kaca (*glass fibre*), serat polypropylene (sejenis plastik mutu tinggi), karbon (*carbon*) serta serat alami yang berasal dari bahan alami (*natural fibre*), seperti ijuk, serat bambu, sabut kelapa, serat goni dan lainnya. Salah satu dari jenis serat di atas adalah serat polypropylene. Berdasarkan kepustakaan diketahui bahwa serat polypropylene dapat memperbaiki kinerja beton.

Pada penelitian terdahulu oleh Zuraida, Safrin (2007), pengaruh penambahan serat polypropylene terhadap perilaku mekanik dari beton normal yaitu ditinjau terhadap kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur, modulus elastisitas dan susut. Pada pengujian yang telah dilakukan

menunjukkan terjadinya kenaikan parameter-parameter kuat tarik belah sekitar 2,25% dan 5% tarik mortar, kuat lentur sekitar 13,4%, modulus elastisitas sekitar 1,04% dan penurunan kuat tekan sekitar 5,05% dan susut sekitar 29% terhadap beton normal. Sehingga pada penelitian ini, peneliti mencoba untuk meneliti hal yang sama namun dengan perlakuan yang berbeda. Hal ini menjadi inspirasi untuk melakukan penelitian mengenai pengaruh penggunaan serat polypropylene terhadap sifat mekanis pada beton normal. Dimana Beton yang direncanakan mutu sedang, yaitu f'c 20 Mpa serta serat yang digunakan adalah serat polypropylene cemfiber dengan dosis penambahan serat pada benda uji adalah 0,0 kg/m<sup>3</sup>; 0,4 kg/m<sup>3</sup>; 0,6 kg/m<sup>3</sup>; dan 0,8 kg/m<sup>3</sup> beton. Sifat mekanis beton yang diperhitungkan adalah kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur, pada umur 28 hari.

\* Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

**2. Tinjauan Pustaka**

**2.1 Penggunaan Beton serat**

Maksud utama penambahan serat ke dalam beton adalah untuk menambah kuat tarik beton, mengingat kuat tarik beton yang sangat rendah. Kuat tarik yang sangat rendah berakibat beton mudah retak, yang pada akhirnya dapat mengurangi keawetan beton. Dengan adanya serat, ternyata beton menjadi lebih tahan retak dan tahan benturan jika masalah penyerapan energi diperlukan. Perlu diperhatikan bahwa pemberian serat tidak banyak menambah kuat tekan beton, namun hanya menambah daktilitas (Kardiyono, 1996).

**2.2 Pengertian Beton serat**

Beton serat (*fibreconcrete*) adalah bahan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Serat dalam beton ini berfungsi mencegah retak-retak sehingga menjadikan beton lebih daktil daripada beton biasa. (Kardiyono, 1996).

Penggunaan serat dalam beton juga dapat meningkatkan daktilitas beton dari sifat yang getas menjadi lebih daktil (Paul Nugraha dan Antoni 2009). Keuntungan penggunaan yang lain adalah dapat meningkatkan beban kejut (*impact resistance*), ketahanan terhadap kelelahan, ketahanan terhadap pengaruh susut, dapat meningkatkan kekuatan lentur (*flexural strength*) dan meningkatkan kekuatan geser balok beton serat. Penggunaan serat di dalam beton biasanya dihitung berdasarkan prosentase volume serat di dalam beton. Terdapat kadar optimum serat yang dapat dimasukkan ke dalam beton. Penggunaan kadar yang terlalu sedikit atau terlalu banyak tidak menghasilkan efek yang baik terhadap beton. Jika serat yang digunakan terlalu banyak maka akan mengurangi kekecekan beton dengan sangat drastis. Beton akan sulit dipadatkan dan banyak rongga udara yang terjebak di dalamnya. Prosentase optimum serat dapat ditentukan berdasarkan rekomendasi pabrik yang memproduksi serat tersebut. Prosentase optimum serat antara lain dipengaruhi oleh bentuk, aspek rasio (perbandingan antara panjang dan diameter) dan jenis material yang digunakan. Diperlukan pengujian *trial mix* untuk mendapatkan beton yang baik dengan kekecekan yang cukup.

**2.3 Serat Polypropylene**

Serat Polypropylene adalah serat sejenis plastik (*polypropylene*) yang di produksi khusus dengan teknologi tinggi. Merupakan senyawa hidrokarbon dengan rumus kimia  $C_3H_6$  yang berupa filamen tunggal ataupun jaringan serabut tipis yang berbentuk jala dengan ukuran panjang 6 mm sampai 50 mm dan memiliki diameter 8 - 90 mikron. Kadar serat polypropylene yang sering digunakan adalah sebesar 600-900 gr/m<sup>3</sup> beton, sedangkan untuk pengendalian retak pada permukaan beton digunakan sebesar 244 - 255 m<sup>2</sup>/kg.

**2.4 Kuat tekan**

Cara pengujian kuat tekan beton adalah dengan memberi gaya tekan aksial secara bertahap terhadap benda uji silinder, sampai benda uji mengalami keruntuhan. Kuat tekan beton dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$f'c = \frac{P_{max}}{A} \dots\dots\dots (1)$$

keterangan :

- f'c = Kuat tekan masing-masing silinder beton (kg/cm<sup>2</sup>)
- P = Beban tekan maksimum (kg)
- A = Luas penampang benda uji (cm<sup>2</sup>)

**2.5 Uji Kuat tarik belah**

Kekuatan tarik belah benda uji silinder beton adalah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan pada silinder yang diletakan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan. Kekuatan tarik belah dapat dihitung dengan rumus:

$$f_{ct} = \frac{2 \times P}{\pi \times l \times d} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

- f<sub>ct</sub> = kuat tarik belah beton (N/mm<sup>2</sup>)
- P = beban uji maksimum yang ditunjukkan mesin uji tekan (N)
- l = panjang benda Uji (mm)
- d = diameter benda uji (mm)

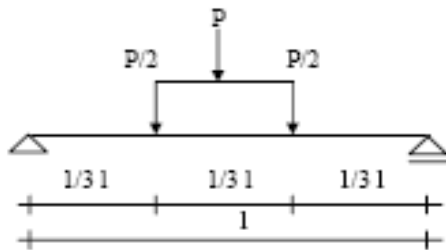
## 2.6 Uji Kuat lentur

Pengujian kuat lentur bertujuan untuk mengetahui tegangan lentur balok sampai

keadaan patah. Lenturan murni adalah suatu lenturan yang berhubungan dengan lenturan sebuah balok dibawah suatu momen lentur (*bending moment*) konstan, yang berarti bahwa gaya lintangnya nol (karena  $V = dM / dX$ ).

Sebaliknya, lenturan tidak merata berhubungan dengan lenturan dalam kehadiran gaya-gaya lintang, yang berarti bahwa momen lenturnya berubah apabila kita bergerak sepanjangsumbu balok (Timoshenko dan Gere, 1996; dalam Ariatama 2007).

Untuk mengilustrasikan definisi ini, ditinjau sebuah balok sederhana yang dibebani secara simetris oleh 2 buah gaya  $P/2$ , yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Balok sederhana yang dibebani 2 buah gaya  $P/2$

Daerah diantara beban  $P/2$  tidak memiliki gaya lintang dan hanya dikenakan suatu momen lentur yang besarnya :  $M = P/2 \times a$  (3)

Karena itu daerah pusat dari balok ini berada dalam keadaan lentur murni. Daerah-daerah yang panjangnya  $a$  didekat ujung-ujung balok berada dalam keadaan lentur tidak merata karena momen  $M$  tidaklah konstan dan terdapat gaya-gaya lintang (Timoshenko dan Gere, 1996; dalam Ariatama 2007).

Menurut ASTM C78-02 rumus kuat lentur beton dinyatakan dalam modulus Rupture (R). Rumus kuat lentur beton  $1/3 l$  ( $1/3$  bentang) yaitu :

$$f_r = \frac{P \cdot l}{b \cdot w \cdot d^2} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

- $f_r$  = kuat lentur (MPa)
- $P$  = beban maksimum (N)
- $L$  = panjang bentang (mm)
- $b$  = lebar balok (mm)
- $d$  = tinggi balok (mm)

## 3. Metode Penelitian

### 3.1 Penyediaan bahan dan peralatan penelitian

Bahan-bahan utama dan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- 1) Semen yaitusemen portland komposit (PCC) merek Semen Tonasa
- 2) AgregatKasar (Kerikil)yang digunakanadalah batu pecah mekanik dengan ukuran maksimum 20 mm ex stone crusher Labuhan.
- 3) Agregat Halus (Pasir) berasal dari sungai Palu.Air
- 4) Air yang digunakan akan digunakan adalah air bersih yang memenuhi persyaratan untuk campuran beton, yaitu air yang tersedia di Laboratorium Beton dan Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Tadulako Palu.
- 5) Bahan Tambah Seratyang digunakan adalah serat polypropylene produksi importdengan merk dagang Cemfiber yang terdapat dalam kantong/ bag dengan berat 0,6 kg per bag..
- 6) Peralatan yang digunakan adalah peralatan yang tersedia di Laboratorium bahan dan Beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako.

### 3.2 Pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji akan dibuat dua versi yaitu benda uji beton normal dan benda uji beton serat dengan kuat tekan yang disyaratkan adalah sama yaitu  $f'c$  20 MPa. Sedangkan konsentrasi serat polypropylene yang diberikan pada setiap campuran beton adalah 0 kg/m<sup>3</sup>; 0,40 kg/m<sup>3</sup>; 0,60 kg/m<sup>3</sup>; 0,80 kg/m<sup>3</sup> beton.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Hasil proporsi perancangan campuran beton ( $f'c= 20$ MPa)

Hasil proporsi perancangan campuran untuk beton dengan  $f'c= 20$  MPa dalam 1.0 m<sup>3</sup> beton disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Proporsi rencana campuran beton f'c 20 MPa (1.0 m<sup>3</sup> beton

No	Uraian	Beton Normal tanpa serat	Beton Serat dosis 0,4 kg/m <sup>3</sup>	Beton Serat dosis 0,6 kg/m <sup>3</sup>	Beton Serat dosis 0,8 kg/m <sup>3</sup>
1	Semen	386,79 kg	386,79 kg	386,79 kg	386,79 kg
2	Air	204,89 kg	204,89 kg	204,89 kg	204,89 kg
3	Pasir	715,41 kg	715,41 kg	715,41 kg	715,41 kg
4	Batu pecah	1072,91 kg	1072,91 kg	1072,91 kg	1072,91 kg
5	Serat polypropylene	0,00 kg	0,40 kg	0,60 kg	0,80 kg

Tabel 2. Hasil Pengujian Workability beton normal dan beton serat

Beton	Faktor Air Semen	Nilai Slump (mm)
Beton Normal	0,53	100
Beton Serat 0,40 kg/m <sup>3</sup>	0,53	70
Beton Serat 0,60 kg/m <sup>3</sup>	0,53	52
Beton Serat 0,80 kg/m <sup>3</sup>	0,53	43

Tabel 3. Hasil pengujian kuat tekan beton umur 7 hari

Kode Silinder Beton	Berat Beton Silinder (kg)	P. Maks (N)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata 3 buah benda uji (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
BN.1 0 kg/m <sup>3</sup>	12,80	360.000	20,37	-	-
	12,75	360.000	20,37	-	-
	12,80	360.000	20,37	20,37	-
	12,90	370.000	20,93	20,56	-
	12,80	375.000	21,22	20,84	20,59
BF4.1 0,40 kg/m <sup>3</sup>	12,90	360.000	20,37	-	-
	12,85	360.000	20,37	-	-
	12,90	370.000	20,93	20,56	-
	13,00	375.000	21,22	20,84	-
	13,00	375.000	21,22	21,12	20,84
BF6.1 0,60 kg/m <sup>3</sup>	12,50	320.000	18,10	-	-
	12,80	385.000	21,78	-	-
	12,60	385.000	21,78	20,55	-
	12,80	390.000	22,06	21,87	-
	12,90	405.000	22,91	22,25	21,56
BF8.1 0,80 kg/m <sup>3</sup>	12,50	350.000	19,80	-	-
	12,80	365.000	20,65	-	-
	12,90	370.000	20,93	20,46	-
	13,00	370.000	20,93	20,84	-
	12,85	370.000	20,93	20,93	20,74

#### 4.2 Pengujian Workability

Kemudahan pengerjaan (*Workability*) dapat dilihat dari nilai *slump* yang identik dengan tingkat keplastisan. Semakin plastis beton, semakin

mudah pengerjaannya. Pengujian *slump* dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan pada adukan beton. (SNI 03-1972-1990). Hasil pengujian workability disajikan pada Tabel 2.

Dilihat dari Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa semakin besar dosis yang diberikan semakin kecil tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) yang terjadi. Hal ini disebabkan semakin besar dosis serat ke dalam adukan beton, maka akan semakin sulit pengerjaannya yang ditandai dengan menurunnya tingkat keplastisan pada adukan beton.

#### 4.3 Pengujian Kuat tekan beton

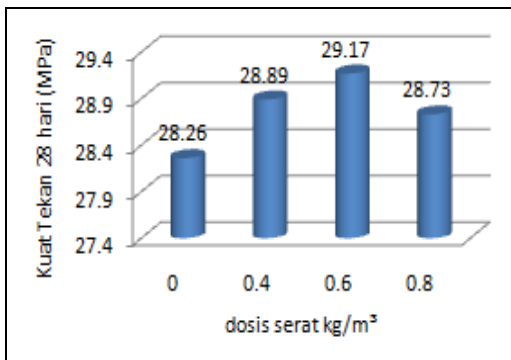
Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Pengujian kuat tekan beton dilakukan terhadap benda uji silinder dengan menggunakan mesin uji kuat tekan *Compression Machine*. Pengujian dilakukan setelah beton mencapai umur 7 dan 28 hari.

##### a. Kuat tekan beton umur 7 hari

Hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 7 hari disajikan pada tabel 3.

##### b. Kuat tekan beton umur 28 hari

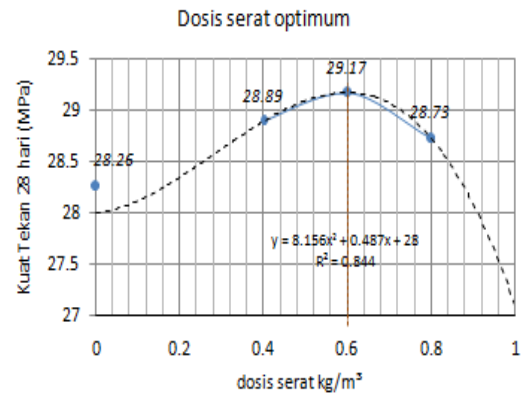
Grafik hubungan Kuat tekan beton dengan dosis serat disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Hubungan kuat tekan 28 hari dengan dosis serat

Dari data tersebut dapat dilihat hasil yang paling optimal pada penambahan serat polypropylene dengan dosis 0,60 kg/m³ setelah itu grafiknya menurun. Hal ini disebabkan semakin bertambahnya dosis serat maka akan semakin besar pori-pori yang dihasilkan serat di dalam adukan beton sehingga didapatkan beton yang

kurang padat dan kuat tekan yang dihasilkan menjadi lebih kecil.



Gambar 3. Grafik Trandline hubungan kuat tekan dengan dosis serat

Untuk mendapatkan nilai optimum dicari dengan menggunakan program bantu microsoft excel, dan hasilnya dinyatakan dalam 3 ordo yaitu ;  
 $y = -9,5312x^3 + 8,1563x^2 + 0,4875x + 28$

dengan

$$R^2 = 0,8449$$

bila diambil nilai  $x = 0,60$  maka;

$$y = (-9,5312 \times 0,60^3) + (8,1563 \times 0,60^2) - (0,4875 \times 0,60) + 28$$

$$y = 29,170$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai optimum untuk kuat tekan adalah pada dosis 0,60 kg/m³.yaitu sebesar 29,170 MPa atau naik 3,22 % dari beton normalnya.

#### 4.4 Pengujian Kuat tarik belah beton

Hasil pengujian kuat tarik belah beton serat dan beton normal dapat dilihat pada Gambar 4.

Untuk mendapatkan grafik trandline dan nilai optimum digunakan program bantu MS.excel dan hasilnya disajikan pada Gambar 5.

Dari grafik trandline didapat nilai:

$$y = -16,406x^3 + 19,406x^2 - 4,3875x + 3 ,$$

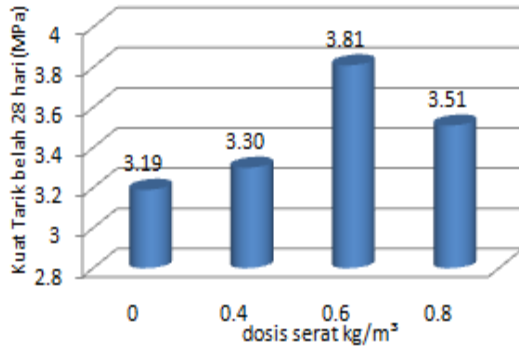
$$R^2 = 0,8383 ;$$

bila diambil nilai  $x = 0,65$  maka;

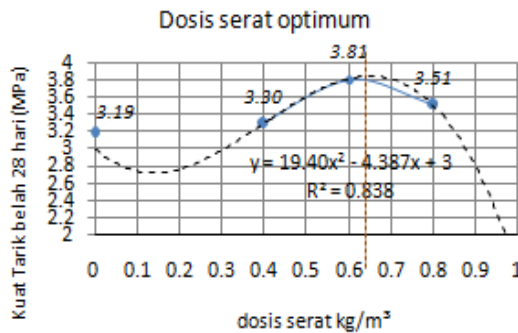
$$y = (-16,406 \times 0,65^3) + (19,406 \times 0,65^2) - (4,3875 \times 0,65) + 3$$

$$y = 3,842$$

Diambil kesimpulan bahwa nilai optimum untuk kuat tarik belah adalah pada dosis 0,65 kg/m<sup>3</sup>, yaitu sebesar 3,842 MPa atau naik 20,44 % dari beton normalnya.



Gambar 4. Grafik Hubungan kuat tarik belah 28 hari dengan dosis serat



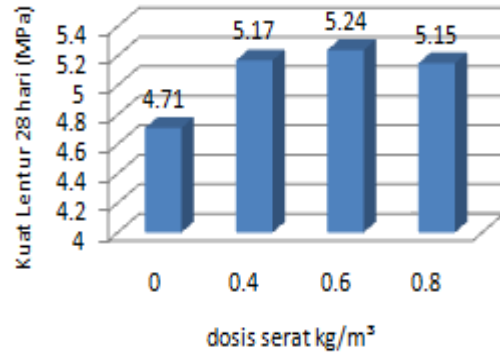
Gambar 5. Grafik Trandline hubungan kuat tarik belah dengan dosis serat

#### 4.5 Pengujian Kuat lentur beton

Pengujian kuat lentur (fr) yaitu menggunakan mesin uji lentur (*Hydraulics Concrete Beam Test*) dengan dua titik pembebanan sebagai acuan pengujian kuat lentur beton di laboratorium. Menurut SNI 03-4431-1997 benda uji dibuat bujur sangkar dengan ukuran lebar 15 cm, tebal 15 cm, panjang 60 cm dengan campuran yang sama untuk satu kali pengujian minimum sebanyak tiga buah. Hasil pengujian kuat lentur seperti pada grafik Gambar 6.

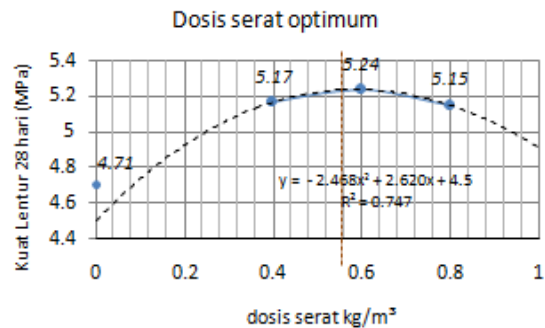
Dari hasil pengujian kuat lentur beton serat diketahui bahwa nilai kuat lentur yang dihasilkan lebih besar dari kuat lentur beton normalnya. Pada kuat lentur beton normal sebesar

4,71 MPa, beton serat dengan dosis 0,40 kg/m<sup>3</sup> kuat lenturnya sebesar 5,17 MPa, meningkat sebesar 9,77%; dosis 0,60 kg/m<sup>3</sup> menghasilkan kuat lentur 5,24 MPa, peningkatan sebesar 11,25% dan dosis 0,80 kg/m<sup>3</sup> menghasilkan kuat lentur 5,15 MPa, naik 9,34% jika dibanding dengan kuat lentur beton normalnya.



Gambar 6. Grafik Hubungan kuat lentur 28 hari dengan dosis serat

Nilai optimum dicari dengan program bantu MS.excel dan grafiknya disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Trandline hubungan kuat lentur dengan dosis serat

Dari grafik trandline didapat nilai:

$$y = 0,2604x^3 - 2,4687x^2 + 2,6208x + 4,5$$

dengan:

$$R^2 = 0,7478 ;$$

Bila diambil nilai  $x = 0,58$  maka ;

$$y = (-0,2604 \times 0,58^3) - (2,4687 \times 0,58^2) + (2,6208 \times 0,58) + 4,5$$

$$y = 5,2404$$

sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai optimum untuk kuat lentur adalah pada dosis 0,58 kg/m<sup>3</sup>. yaitu sebesar 5,2404 Mpa atau naik 11,26 % dari beton normal.

## 5. Kesimpulan

- a Penambahan serat polypropylene akan mengurangi workability. Hal ini ditunjukkan dengan menurunnya nilai slump pada adukan beton. Pada beton normal nilai slump 100 mm, beton serat dengan dosis 0,40 kg/m<sup>3</sup> nilai slump 70 mm, dosis 0,60 kg/m<sup>3</sup> nilai slump 52 mm dan beton serat dengan dosis 0,80 kg/m<sup>3</sup> nilai slump menjadi 43 mm. Dengan nilai FAS yang sama yaitu 53.
- b Penambahan serat polypropylene akan mengurangi workability. Hal ini ditunjukkan dengan menurunnya nilai slump pada adukan beton. Pada beton normal nilai slump 100 mm, beton serat dengan dosis 0,40 kg/m<sup>3</sup> nilai slump 70 mm, dosis 0,60 kg/m<sup>3</sup> nilai slump 52 mm dan beton serat dengan dosis 0,80 kg/m<sup>3</sup> nilai slump menjadi 43 mm. Dengan nilai FAS yang sama yaitu 53.
- c Penambahan serat polypropylene pada adukan beton dapat meningkatkan kuat tekan beton. Kuat tekan beton yang optimum pada beton serat dengan dosis 0,60 kg/m<sup>3</sup> pada umur 28 hari sebesar 29,17 MPa atau mengalami peningkatan sebesar 3,62% dari beton normalnya.
- d Penambahan serat polypropylene pada adukan beton dapat meningkatkan kuat tarik belah beton. Kuat tarik belah beton yang optimum pada beton serat dengan dosis 0,65 kg/m<sup>3</sup> pada umur 28 hari sebesar 3,842 MPa atau mengalami peningkatan sebesar 20,44% dari beton normalnya.
- e Pengaruh terhadap kuat lentur pada umur 28 hari sebesar 5,2404 MPa atau mengalami peningkatan sebesar 11,26% dari beton normalnya. Kuat lentur beton yang optimum pada beton serat dengan dosis 0,58 kg/m<sup>3</sup>.

## 6. Daftar Pustaka

Adianto, Yohanes L.D.; Joewono, Tri Basuki. 2006, March. *Penelitian Pendahuluan Hubungan Penambahan Serat Polymeric Terhadap Karakteristik Beton Normal*. Dipetik Mei 10, 2012, dari Civil Engineering Dimension Vol 8 No.1,34-4

Andiese, Vera Wim. 2000. *Analisis kuat tekan beton dari beberapa jenis portland cemen (PC) di pasaran*. Palu: Universitas Tadulako.

Anomin. *SNI 03-2417-1991 Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Loas Angeles*. Pusjatan-Balitbang PU.

Anomin. *SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Badan Standarisasi Nasional.

Anomin. *SNI 03-4431-1997 Metode pengujian kuat lentur normal dengan dua titik pembebanan*. Pusjatan- Balitbang PU.

Anonim. (2006). *Hasil Litbang Bidang Jalan dan Jembatan 1984-2004*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan Departemen PU.

Anonim. *SNI 03-1968-1990 Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar*. Pusjatan-Balitbang PU.

Anonim. *SNI 03-1969-1990 Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar*. Badan Standarisasi Nasional.

nonim. *SNI 03-1970-1990 Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus*. Badan Standarisasi Nasional.

Anonim. *SNI 03-1971-1990 Metode Pengujian Kadar Air Agregat*. Badan Standarisasi Nasional.

Anonim. *SNI 03-1972-1990 Metode Pengujian Slump Beton*. Badan Standarisasi Nasional.

Anonim. *SNI 03-1974-1990 Metode pengujian kuat tekan beton*. Badan Standarisasi Nasional.

Anonim. *SNI 03-2491-2002 Metode pengujian kuat tarik belah beton*. Badan Standarisasi Nasional.

Anonim. *SNI 03-2816-1992 Metode Pengujian Kotoran Organik dalam Pasir*. Badan Standarisasi Nasional.

Anonim. (2002). *SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk*

- Bangunan Gedung.* Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. *SNI 03-4142-1996 Metode Pemeriksaan Bahan Lolos Saringan No. 200.* Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. *SNI 03-4804-1998 Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam agregat.* Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (t.thn.). *SNI 15-2531-1991 Metode Pengujian Besar Jenis Semen Portland.* Dipetik 7 24, 2012, dari Badan Standardisasi Nasional: [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)
- Anonim. (2010). *Spesifikasi Teknis Rev.1.* Dirjen Bina Marga, Kementerian PU.
- Ariatama, Ananta;. (2007). *Pengaruh Pemakaian Serat Kawat Berkait Pada Kekuatan Beton Mutu Tinggi Berdasarkan Optimasai Diameter Serat.* Semarang: Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.
- Beton Fiber.* (2012). Dipetik Juli 28, 2012, dari <http://www.ilmusipil.com/beton-fiber>
- Kartini, Wahyu. (2007). Penggunaan Serat Polypropylene Untuk Meningkatkan Kuat Tarik Belah Beton. *Jurnal Rekayasa Perencanaan* , Vol. 4, No.1, Oktober 2007.
- Mulyono, Tri. (2011). *Teknologi Beton.* Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Nugraha, Paul; , Antoni. (2009). *TEKNOLOGI BETON dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi.* Yogyakarta: CV. Andi Offest.
- Purwono, Rachmat; dkk. (2009). *SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung dilengkapi penjelasan (S-2002).* Surabaya: ITS Press.
- Tjokrodimuljo, Kardiyono. (1996). *Teknologi Beton.* Yogyakarta: Nafiri.
- Zuraida; , Safrin. (2007). *Pengaruh penambahan fiber polypropylene terhadap perilaku mekanik beton normal.* Dipetik Agustus 8, 2012, dari <http://www.digilib.its.ac.id>