

Behaviours of fiber concrete mechanic using polypropylene

Nur Alfikri¹, Alex Kurniawandy², Alfian Kamaldi³

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau

² Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5, Pekanbaru 28293
E-mail: Nuralfikri@yahoo.com

ABSTRACT

This research studies the mechanical properties of polypropylene concrete such as compressive strength, modulus of elasticity, splitting tensile strength, flexural strength and ultrasonic pulse velocity (UPV). Application of polypropylene fiber aims to improve the mechanical properties of normal concrete. The specimens were cylinder and beam shapes. The variations of polypropylene fiber used were 0,0 kg/m³, 1,2 kg/m³, 1,4 kg/m³, 1,6 kg/m³, 1,8 kg/m³ and 2,0 kg/m³. The result of research shows the highest compressive strength, modulus of elasticity, flexural strength and UPV occurred at 1,4 kg/m³ addition of polypropylene whereas. The highest splitting tensile strength was occurred at 2,0 kg/m³ polypropylene fiber addition. According to the result, additional polypropylene fiber can improve the mechanical properties of concrete, especially compressive strength, modulus of elasticity, splitting tensile strength and UPV of concrete.

Keyword : polypropylene fiber, mechanical properties, compressive strength, splitting tensile strength, UPV

1. PENDAHULUAN

Bangunan konstruksi yang terdapat di Indonesia pada umumnya menggunakan beton sebagai bahan struktur utama. Hal ini dikarenakan beton mempunyai beberapa sifat yang menguntungkan diantaranya adalah bahan baku beton yang mudah didapat, harga relatif murah, mudah dibentuk sesuai kebutuhan dan tidak

memerlukan biaya yang terlalu mahal untuk perawatan nya.

Disamping memiliki keunggulan, beton sebagai bahan bangunan juga memiliki berbagai kelemahan. Sebagian dari kelemahan beton yang sering kali kita permasalahan adalah memiliki kekuatan tarik yang rendah dan cenderung mengalami keretakan. Kualitas beton dapat

diukur dari beberapa jenis pengujian seperti kuat tarik dan kuat tekan. Nilai kuat tekan beton dengan kuat tariknya tidak berbanding lurus. Setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai oleh peningkatan yang kecil dari kuat tariknya (Mulyono, 2003).

Berbagai inovasi teknologi beton dibuat untuk memenuhi kebutuhan pembangunan. Beberapa beton hasil dari perkembangan teknologi beton adalah beton mutu tinggi (*high strength concrete*), *self compacting concrete* dan beton serat (*fiber reinforced concrete*) (Nugraha dan Antoni, 2007).

Beberapa penelitian menggunakan serat *polypropylene* umumnya menggunakan dosis berdasarkan pada volume beton atau berdasarkan persentase dari penggunaan semen. (Khairizal, 2015), telah melakukan penelitian yang sama yaitu menggunakan serat *polypropylene* yang diproduksi oleh PT. Sika.

Penelitian ini menggunakan serat *polypropylene* produksi dari PT. Fosroc dengan menitik beratkan pada penentuan optimasi penggunaan serat terhadap kekuatan tekan beton normal serta perilaku mekanik lainnya.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Permeriksaan Karakteristik Material

Material yang digunakan adalah agregat kasar dan agregat halus asal Kabupaten Kampar, Riau. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah sedangkan agregat halus yang digunakan adalah pasir alam. Adapun jenis pemeriksaan yang dilakukan tertera pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Pengujian material

Jenis pemeriksaan	Sumber
Kadar lumpur	ASTM C 142
Berat jenis	SNI 03-1970-1990
Kadar air	SNI 03-1970-1990
Modulus kehalusan	SNI 03-1970-1990
Berat volume	ASTM C 29
Ketahanan aus	SNI 03-2417-1991
Kandungan organik	ASTM C40

2.2. Pembuatan Mix Design

Desain campuran (mix design) beton dengan menggunakan metode *ACI* dengan fas 0,45 (~30 MPa) pada umur 28 hari. Perincian komposisi campuran beton untuk 1 m³ dengan metode *ACI* dapat dilihat pada Tabel 3.7 di bawah ini.

Semen	: 469,77 kg/m ³
Air	: 203,88 kg/m ³
Agregat Kasar	: 906,20 kg/m ³
Agregat Halus	: 772,66 kg/m ³

2.3. Benda Uji

Pembuatan sampel benda uji beton pada penelitian ini sebanyak 54 buah sampel dengan setiap umur ada 3 buah. Umur yang di uji yaitu umur 28 hari. Benda uji beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan, modulus elastisitas dan kuat tarik belah. Benda uji beton berbentuk balok dengan dimensi 60x15x15 cm untuk pengujian kuat lentur dan defleksi beton.

2.4. Pengujian Beton

Jenis pengujian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan, modulus elastisitas, kuat tarik belah, kuat lentur dan *upv* beton. Pengujian dilakukan pada umur benda uji 28 hari.

1. Kuat tekan beton (SNI 03-1974-1990)

Menurut SNI 03-1974-1990, 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. Alat yang digunakan pada pengujian ini adalah mesin uji tekan (*Compression Test Machine*). Kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus:

$$f'_c = \frac{P}{A}$$

keterangan:

f'_c = kuat tekan beton (MPa)

P = beban tekan (N)

A = luas permukaan benda uji (mm^2)



Gambar 1. Pengujian Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas

2. Modulus elastisitas beton (SNI 03-4169-1996)

Menurut SNI 03-4169-1996, nilai modulus elastisitas beton dapat diperoleh melalui pengujian di laboratorium dan metode ini akan menghasilkan rasio tegangan regangan. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat *compressometer*. Besarnya nilai modulus elastisitas beton dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0,00005}$$

keterangan:

E_c = modulus elastisitas beton (MPa)

S_2 = kuat tekan saat 40% dari beban maksimum (MPa)

S_1 = kuat tekan pada saat regangan longitudinal mencapai 0,00005 (MPa)

ϵ_2 = regangan pada saat S_2

3. Kuat tarik belah (SNI 03-2491-2002)

Menurut SNI 03-2491-2002, nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan. Besarnya nilai kuat tarik belah beton (tegangan rekah beton) dapat dihitung dengan rumus:

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi DL}$$

keterangan

f_{ct} = kuattarikbelah beton (MPa)

P = beban maksimum (N)

D = diameter silinder (mm)

L = panjang silinder (mm)



Gambar 2. Pengujian Kuat Tarik Belah

4. Kuat lentur (SNI 03-4431-1997)

Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas (SNI 03-4431-

1997). Besarnya kuat lentur beton (*modulus of rapture*) dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

- Apabila keruntuhan terjadi pada bagian tengah bentang

$$f_r = \frac{PL}{bd^2}$$

keterangan:

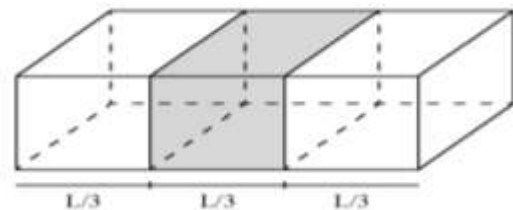
f_r = *modulus of rapture* (MPa)

P = beban maksimum (N)

L = panjang bentang (mm)

b = lebar spesimen (mm)

d = tinggi spesimen (mm)



Gambar 3. Keruntuhan pada pusat 1/3 bentang (L)

Sumber : SNI 03-4431-1997

- Apabila keruntuhan terjadi pada bagian tarik di luar tengah bentang

$$f_r = \frac{3Pa}{bd^2}$$

keterangan:

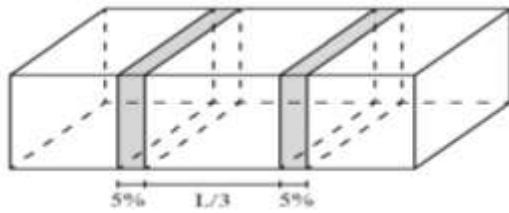
f_r = *modulus of rapture* (MPa)

P = beban maksimum (N)

b = lebar spesimen (mm)

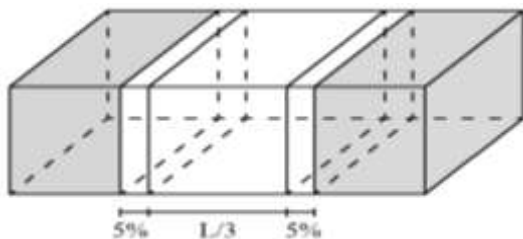
d = tinggi spesimen (mm)

a = jarak rata-rata dari garis keruntuhan dan titik perletakan terdekat diukur pada bagian tarik spesimen (mm)



Gambar 4. Keruntuhan diluar 1/3 bentang (L) dan garis patah < 5% bentang (L)
Sumber : SNI 03-4431-1997

- Untuk benda uji yang patahnya di luar 1/3 lebar pusat pada bagian tarik beton dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah lebih dari 5% bentang, hasil pengujian tidak dipergunakan.



Gambar 5. Keruntuhan diluar 1/3 bentang (L) dan garis patah > 5% bentang (L)
Sumber : SNI 03-4431-1997

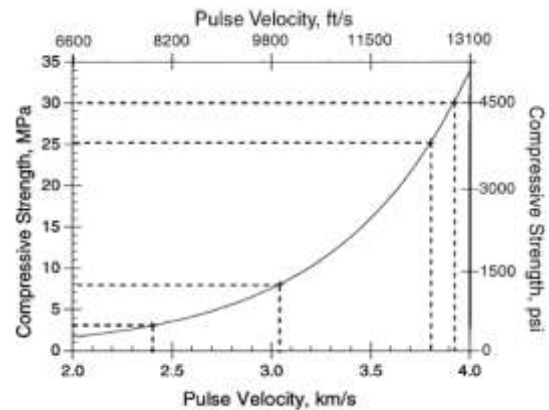


Gambar 6. Kuat Lentur

5. Pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV)

Tujuan pemeriksaan ini untuk mengetahui nilai kuat tekan dengan

mengukur kecepatan hantaran gelombang *ultrasonic* yang melewati suatu beton.



Gambar 6. Skema hubungan antara *Pulse Velocity* dengan *Compressive Strength*

Selain menggunakan grafik diatas, dapat digunakan juga sebuah persamaan eksponensial berikut :

$$f'_c = 0,082^{1,504V_s}$$

Keterangan :

f'_c : Nilai kuat tekan (MPa)

e : Eksponensial

V_s : *Pulse velocity* (Km/s)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian Karakteristik Material

Pemeriksaan karakteristik material untuk pembuatan beton serat dilakukan pada agregat kasar dan agregat halus. Pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Fakultas Teknik Universitas Riau.

Pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan spesifikasi agregat kasar dan halus yang berasal dari Kabupaten Kampar. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Hasil pengujian karakteristik agregat kasar

Jenis pemeriksaan	Hasil	Standar spesifikasi
Modulus kehalusan	6,85	5 – 8
Berat jenis		
a. <i>Apparent spesific gravity</i>	2,72	2,5 - 2,7
b. <i>Bulk spesific gravity on dry</i>	2,64	2,5 - 2,7
c. <i>Bulk spesific gravity on SSD</i>	2,67	2,5 - 2,7
d. <i>Absorption (%)</i>	1,14	2 – 7
Kadar air (%)	0,76	3 – 5
Berat volume (gr/cm ³)		
a. Kondisi padat	1,700	≥ 1,2
b. Kondisi gembur	1,448	≥ 1,2
Ketahanan aus (%)	21.48	< 40

Tabel 3. Hasil pengujian karakteristik agregat halus

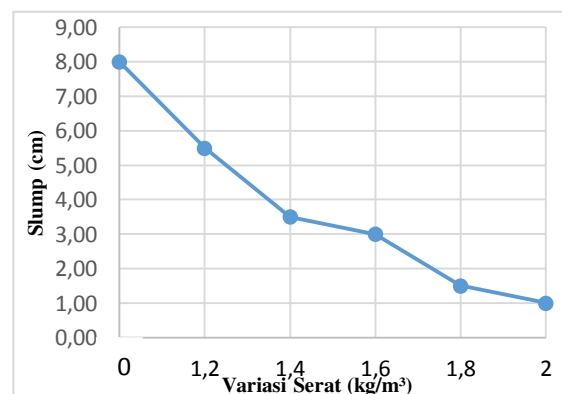
Jenis pemeriksaan	Hasil	Standar spesifikasi
Modulus kehalusan	1,90	1,5 - 3,8
Berat jenis		
a. <i>Apparent spesific gravity</i>	2,67	2,5 - 2,7
b. <i>Bulk spesific gravity on dry</i>	2,63	2,5 - 2,7
c. <i>Bulk spesific gravity on SSD</i>	2,67	2,5 - 2,7
d. <i>Absorption (%)</i>	0,60	2 – 7
Kadar air (%)	0,81	3 - 5

Tabel 3. Sambungan

Berat volume (gr/cm ³)	1,700	≥ 1,2
a. Kondisi padat	1,447	≥ 1,2
b. Kondisi gembur	0,99	< 5
Kadar lumpur (%)	No.2	≤ No.3
Kadar zat organik		

3.2. Hasil Pengujian Slump Beton

Pengujian slump dilakukan pada beton segar setelah pembuatan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) beton. Hasil uji slump beton dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik slump beton

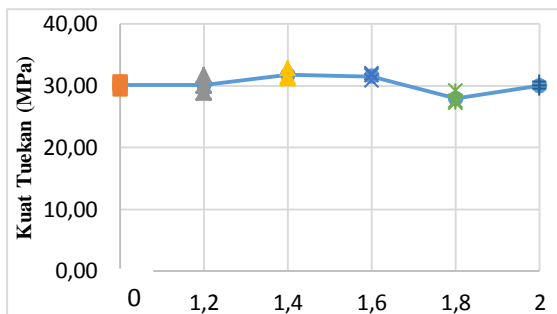
Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) beton akan mengalami penurunan seiring dengan penambahan serat polypropylene ke dalam campuran beton. Nilai slump beton tanpa serat polypropylene sebesar 8 cm dan nilai slump beton dengan serat polypropylene variasi terbesar yaitu 2,0 kg/m³ didapatkan sebesar 1,0 cm.

3.3. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari. Benda uji yang digunakan adalah benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil uji kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 8.

Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa kuat tekan beton dengan penambahan serat polypropylene akan meningkat dibandingkan dengan beton tanpa penambahan serat polypropylene. Nilai

kuat tekan beton tanpa serat polypropylene sebesar 30,09 MPa. Peningkatan tertinggi terjadi pada penambahan serat polypropylene sebanyak $1,4 \text{ kg/m}^3$ sebesar 31,78MPa atau meningkat sebesar 5,64 % dibandingkan beton tanpa serat polypropylene.

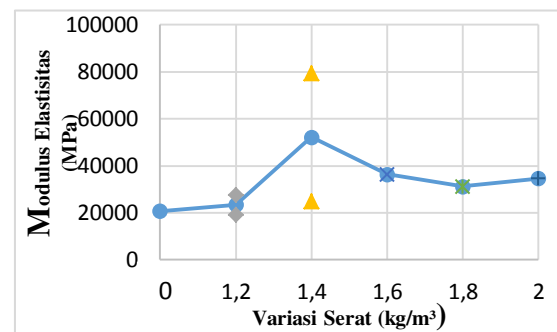


Gambar 8. Grafik kuat tekan beton

3.4. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

Pengujian modulus elastisitas beton dilakukan pada umur 28 hari. Benda uji yang digunakan adalah benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil uji modulus

elastisitas beton dapat dilihat pada Gambar 9.

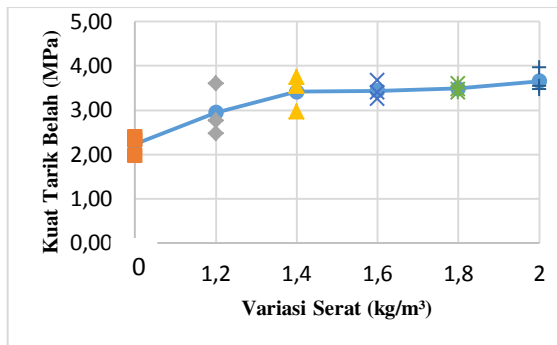


Gambar 9. Grafik modulus elastisitas beton

Pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa modulus elastisitas beton dengan penambahan serat polypropylene akan meningkat dibandingkan dengan beton tanpa penambahan serat polypropylene. Nilai modulus elastisitas beton tanpa serat polypropylene sebesar 20769,16MPa. Peningkatan tertinggi terjadi pada penambahan serat polypropylene sebanyak $1,4 \text{ kg/m}^3$ sebesar 52189,79 MPa atau meningkat sebesar 15,13 % dibandingkan beton tanpa serat polypropylene.

3.5. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

dilakukan pada umur 28 hari. Benda uji yang digunakan adalah benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil uji kuat tarik belah beton dapat dilihat pada Gambar 10.

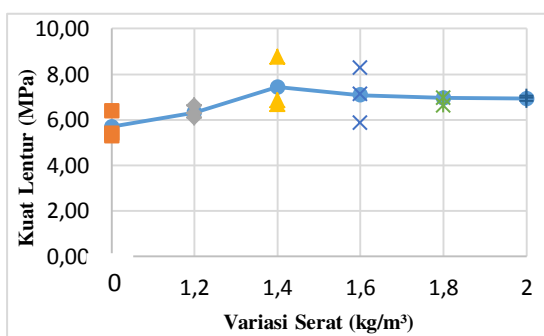


Gambar 10. Grafik kuat tarik belah beton

Pada Gambar 10 dapat dilihat bahwa kuat tarik belah beton akan mengalami peningkatan seiring dengan penambahan serat polypropylene ke dalam campuran beton. Nilai kuat tarik belah beton tanpa serat polypropylene sebesar 2,24 MPa. Peningkatan tertinggi terjadi pada penambahan serat polypropylene sebanyak 2,0 kg/m³ sebesar 3,54 MPa atau meningkat sebesar 57,89 % dibandingkan beton tanpa serat polypropylene.

3.6. Hasil Pengujian Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur beton dilakukan pada umur 28 hari. Benda uji yang digunakan adalah benda uji berbentuk balok dengan ukuran 60x15x15 cm. Hasil uji kuat lentur beton dapat dilihat pada Gambar 11.

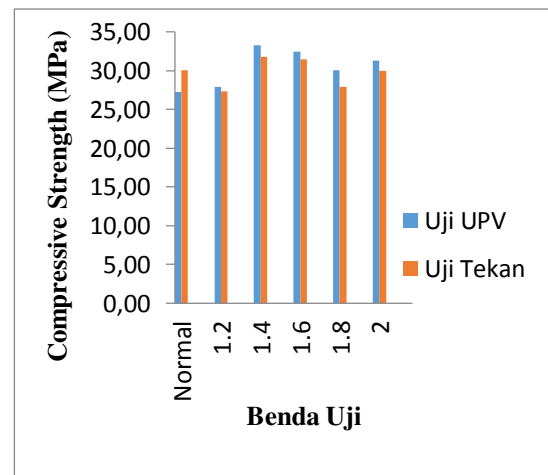


Gambar 11. Grafik kuat lentur beton

Pada Gambar 11 dapat dilihat bahwa kuat lentur beton akan mengalami peningkatan seiring dengan penambahan serat polypropylene ke dalam campuran beton. Nilai kuat lentur beton tanpa serat polypropylene sebesar 5,69 MPa. Peningkatan tertinggi terjadi pada penambahan serat polypropylene sebanyak 1,4 kg/m³ sebesar 7,43 MPa atau meningkat sebesar 30,44 % dibandingkan beton tanpa serat polypropylene.

3.7. Hasil Pengujian (UPV)

Dari pengujian kuat lentur juga diperoleh perbandingan nilai kuat tekan dan hasil pengujian dengan menggunakan alat UPV. Nilai kuat tekan rata-rata dari pengujian UPV dan *Compression Test Machine* dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik perbandingan hasil pengujian UPV dengan kuat tekan beton

Pada Gambar 12 dapat dilihat secara keseluruhan bahwa nilai *upv* beton akan mengalami peningkatan seiring dengan

penambahan serat polypropylene ke dalam campuran beton.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang dilakukan terhadap pengujian sifat mekanis pada penelitian ini, maka diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian slump menunjukkan bahwa penambahan serat *polypropylene* adukan beton akan menurunkan *workability* beton. Pada beton normal didapatkan nilai slump 8 cm. pada penambahan serat 1.2 kg/m³ terjadi perubahan signifikan dari beton normal yaitu sebesar 5,5 cm. sedangkan pada penambahan serat 1,4kg/m³, 1,6 kg/m³, 1,8 kg/m³ dan 2,0 kg/m³ didapatkan nilai slump berturut – turut sebesar 3,5 cm, 3,0 cm, 1,5 cm, 1,0 cm
2. Hasil pengujian tekan menunjukkan bahwa beton serat *polypropylene* mempunyai kuat tekan yang lebih tinggi daripada beton normal hingga 5,642 %. Kuat tekan yang paling besar adalah penambahan serat 1,4 kg/m³ yaitu sebesar 31.784 MPa. Pada penambahan 1,2 kg/m³, didapatkan kuat tekan sebesar 30,180 MPa. Pada penambahan 1,6 kg/m³, didapatkan kuat tekan sebesar 31.501MPa.

Sedangkan pada penambahan 1,8 kg/m³ dan 2,0 kg/m³ dan beton normal didapatkan kuat tekan sebesar 27.917 MPa, 29,992 MPa dan 30,08 MPa.

3. Hasil pengujian modulus elastisitas menunjukkan bahwa beton serat *polypropylene* mempunyai modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada beton normal hingga 15.13 % .modulus elastisitas paling besar adalah pada penambahan serat 1.4 kg/m³ yaitu sebesar 52189.79 MPa. Pada penambahan 1.2 kg/m³, didapatkan modulus elastisitas sebesar 23480.22 MPa. Pada penambahan 1.6 kg/m³, didapatkan nilai modulus elastisitas sebesar 36422.21 MPa. Sedangkan pada penambahan 1.8 kg/m³, 2.0 kg/m³ dan beton normal didapatkan nilai modulus elastisitas sebesar 31163,81 MPa, 34595,82 MPa dan 20769,16 MPa.
4. Hasil pengujian kuat tarik belah menunjukkan bahwa beton serat *polypropylene* mempunyai kuat tarik belah yang lebih tinggi daripada daripada beton normal hingga 57,89 % dan meningkat seiring penambahan serat *polypropylene*. Kuat tarik belah paling besar adalah penambahan serat 2,0 kg/m³ yaitu sebesar 3,54 MPa. Pada penambahan 1,2 kg/m³, didapatkan kuat tarik belah 2,97 MPa. Pada penambahan 1,4 kg/m³,

didapatkan kuat tarik belah sebesar 3,42 MPa. Sedangkan pada penambahan serat 1.6 kg/m³, 1.8 kg/m³ dan beton normal didapatkan kuat tarik belah sebesar 3,44 MPa, 55,79 MPa dan 2,24 MPa.

5. Hasil pengujian kuat lentur menunjukkan bahwa beton serat *polypropylene* mempunyai kuat lentur yang lebih tinggi daripada beton normal hingga 30,44 % dan meningkat seiring penambahan serat *polypropylene*. Kuat lentur paling besar adalah pada penambahan serat 1,4 kg/m³ yaitu sebesar 7,43 MPa. Pada penambahan 1,2 kg/m³, didapatkan kuat lentur sebesar 6,32 MPa. Pada penambahan 1.6 kg/m³, didapatkan nilai sebesar 7,08 MPa. Sedangkan pada penambahan 1.8 kg/m³, 2.0 kg/m³ dan beton normal didapatkan kuat lentur sebesar 6,96 MPa, 6,93 MPa dan 5,69 MPa.
6. Hasil analisa kuat tekan dengan menggunakan alat *Ultrasonic Pulse Velocity*(UPV) menunjukkan bahwa beton serat *polypropylene* mempunyai kuat tekan lebih tinggi daripada beton normal. Kuat tekan dengan menggunakan alat (UPV) paling besar adalah pada penambahan serat 1.4 kg/m³ yaitu sebesar 33,263 MPa. Pada penambahan serat 1.2 kg/m³, didapatkan nilai sebesar 27,294 MPa.

Pada penambahan serat 1.6 kg/m³ didapatkan nilai sebesar 32,488 MPa. Sedangkan pada penambahan serat 1.8 kg/m³, 2.0 kg/m³ dan beton normal didapatkan nilai sebesar 27,917 MPa, 30,067 MPa dan 31,321 MPa.

4.2 Saran

Berdasarkan pengalaman dalam melakukan penelitian di laboratorium, dapat dikemukakan saran yang mungkin dapat dipergunakan untuk penelitian lanjutan :

1. Pengujian modulus elastisitas dengan menggunakan *compressometer* tidak terlalu akurat dan rentan terjadi kegagalan dalam pengujian yang disebabkan oleh retak dan hancur pada titik pengeang. Pengujian akan lebih akurat menggunakan *strain gauge* dalam mengukur regangan yang terjadi pada benda uji beton.
2. Perlu dilakukan perbandingan pengujian *Ultrasonic Pulse velocity* (UPV) pada sampel yang sebelum di uji tekan maupun setelah benda uji tersebut hancur.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada semua pihak yang telah membantu selama penelitian terutama kepada:

1. Orang tua dan adik yang selalu tanpa henti memberikan motivasi serta kepercayaan selama penelitian ini.
2. Dosen Pembimbing, Bapak Alex Kurniawandy dan Bapak Alfian Kamaldi yang telah membimbing dan selalu memberikan motivasi serta masukan hingga penelitian ini dapat terselesaikan.
3. Teman satu perjuangan Tugas Akhir, Yuri, Sarif, Toni, Heru dan Bang Aong .
4. Para asisten Laboratorium Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Riau.
5. Rekan-rekan seperjuangan yaitu mahasiswa/i Teknik Sipil S-1 angkatan 2010 dan terkhusus buat kelas A.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Mulyono, T. 2003. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Andi.
- Nugraha, P dan Antoni. 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Andi.
- Khairizal, Y.2015 .*Pengaruh Serat Polypropylene Terhadap Sifat Mekanik Beton Normal*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil. Pekanbaru : Universitas Riau.
- SNI 03-4169-1996. 1996. *Metode Pengujian Modulus Elastisitas Statis Dan Rasio Poison Dengan Kompresor*

Ekstensometer. Bandung: Badan Standar Nasional.

- SNI 03-4431-1997. 1997. *Metode Pengujian Kuat Lentur Normal Dengan Dua Titik Pembebanan*. Bandung: Badan Standar Nasional.

- SNI 03-1974-1990. 1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.

- SNI 03-2491-2002. 2002. *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. Bandung: Badan Standar Nasional.

- Timoshenko, S.P dan Gere, J.M. (1996). *Mekanika Bahan (Terjemahan Oleh Drs. Hans, J. Wospakrik)*, Jilid I. Erlangga : Jakarta.