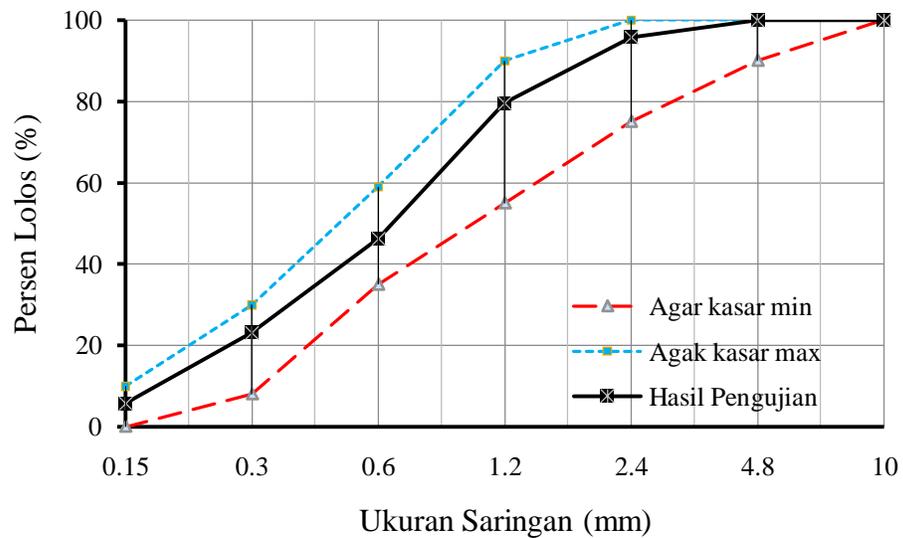


BAB V
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir)

1. Gradasi agregat halus (pasir)

Dari hasil pemeriksaan gradasi agregat halus pada gambar 5.1, pasir Merapi termasuk dalam daerah gradasi no. 2, yaitu pasir agak kasar dengan modulus halus butir sebesar 2,493% yang termasuk pada agregat halus normal karena modulus halus butir memenuhi syarat 1,5% sampai 3,8% (Tjokrodimuljo, 2007). Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1.



Gambar 5.1. Hasil pemeriksaan gradasi agregat halus (pasir)

2. Kadar air agregat halus (pasir)

Pemeriksaan kadar air untuk pasir dalam keadaan jenuh kering muka (*Saturated Surface Dry (SSD)*) didapatkan hasil sebesar 2,53%. Hasil tersebut belum memenuhi syarat umum untuk kadar air normal pada agregat halus (pasir), pada umumnya kadar air yang normal untuk agregat halus (pasir) berkisar antara 1% - 2 % (Tjokrodimuljo, 2007). Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.

3. Berat jenis dan penyerapan air agregat halus (pasir)

Hasil yang didapat pada pemeriksaan berat jenis pasir jenuh kering muka sebesar 2,66. Hasil tersebut menunjukkan pasir tergolong sebagai agregat normal, karena agregat normal ialah agregat yang mempunyai berat jenis antara 2,3 - 3,1 (ASTM C.33 dalam Mulyono, 2004) sedangkan berat jenis agregat ringan adalah kurang dari 2,0. Untuk pemeriksaan penyerapan air agregat halus (pasir) dari keadaan kering menjadi keadaan jenuh kering muka hasilnya adalah 11,11%. Dari hasil pemeriksaan agregat halus yang digunakan termasuk agregat normal, agregat normal mempunyai kemampuan serap air kurang dari 3% (SII.0052 dalam Mulyono, 2004). Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3.

4. Berat satuan agregat halus (pasir)

Berat satuan berfungsi untuk mengidentifikasi apakah agregat tersebut porous atau mampat. Dari hasil pemeriksaan didapat berat satuan agregat halus (pasir) dalam keadaan (*Saturated Surface Dry (SSD)*) sebesar 1,425 gr/cm³. Semakin besar berat satuan maka semakin mampat agregat tersebut. Hal ini akan berpengaruh juga pada proses pengerjaan beton dalam jumlah besar, dan juga berpengaruh untuk kuat tekan beton, dimana apabila agregatnya porous maka bisa terjadi penurunan pada kuat tekan beton (Mulyono, 2004). Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4.

5. Kadar lumpur agregat halus (pasir)

Pemeriksaan kadar lumpur pada pasir didapat hasil sebesar 2,73%, lebih kecil dari standar yang ditetapkan untuk beton normal yaitu sebesar 5% (ASTM C.33 dalam Mulyono, 2004). Sehingga pada penelitian ini pasir tidak perlu dicuci terlebih dahulu saat digunakan. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 5.

B. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar (Batu Apung)

1. Kadar air agregat kasar (batu apung)

Kadar air untuk batu apung dalam kondisi *Saturated Surface Dry* (SSD) didapat sebesar 26,03%. Dari hasil pemeriksaan tersebut kadar air agregat kasar (batu apung) belum termasuk dalam koridor normal, Syarat kadar air maksimum untuk agregat normal adalah sebesar 2% (SII.0052 dalam Mulyono, 2004). Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 6.

2. Berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (batu apung)

Berat jenis batu apung dalam keadaan SSD adalah 1,08, sehingga masih tergolong dalam agregat ringan, karena berat jenis agregat yaitu antara 1,00-2,00 (Tjokrodinuljo, 2007). Hasil pemeriksaan penyerapan air dari keadaan kering menjadi keadaan jenuh kering muka adalah sebesar 55,25%, sehingga agregat kasar (batu apung) ini tergolong agregat ringan. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 7.

3. Keausan butir agregat kasar (batu apung)

Hasil pemeriksaan keausan agregat kasar (batu apung) adalah sebesar 36,5% yang dapat digunakan untuk pembuatan beton ringan dengan mutu diatas 10 MPa atau kelas mutu II yang memiliki kekuatan beton 10 MPa – 20 MPa dengan maksimum bagian yang menembus ayakan pada uji *los angeles* 40 %, didapat dari tabel 3.4. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 8.

4. Berat satuan agregat kasar (batu apung)

Pada pemeriksaan ini berat satuan agregat kasar (batu apung) adalah 0,622 gr/cm³. Berat satuan ini berfungsi untuk mengidentifikasi apakah agregat tersebut porous atau mampat. Dari hasil pemeriksaan tersebut maka agregat ini tergolong agregat ringan. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 9.

5. Kadar lumpur agregat kasar (batu apung)

Untuk pemeriksaan kadar lumpur pada agregat kasar (batu apung), sebelumnya batu apung dicuci terlebih dahulu untuk menghilangkan lumpur dan kotoran yang melekat pada permukaan agregat. Hasil dari pemeriksaan ini diperoleh sebesar 0,93% mendekati nilai standar yang ditetapkan yaitu 1% (SII.0052 dalam Mulyono, 2004). Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 10.

C. Hasil Perencanaan Campuran Beton

Pada penelitian ini, perencanaan campuran beton menggunakan metode adukan beton normal (SK SNI 2002 dalam Tjokrodinuljo, 2007). Karena batu apung memiliki berat jenis yang ringan, maka untuk menentukan berat agregat kasar (batu apung) pada campuran beton digunakan perbandingan volume, yaitu volume dari agregat kasar (*split*). Penelitian ini menggunakan 4 variasi campuran beton dengan tambahan serat (kawat bendrat) yang terdiri dari : 0% (normal), 0,5%, 0,75%, dan 1,%, pemberian kadar serat berdasarkan volume dari beton. Pada setiap variasi direncanakan masing-masing 6 sampel benda uji dengan ketentuan 3 sampel untuk uji kuat tekan dan 3 sampel untuk uji kuat tarik belah. Data perencanaan campuran beton dapat dilihat dalam tabel 5.1 dan 5.2. Hasil *mix design* pada lampiran 11.

Tabel 5.1 Kebutuhan campuran beton untuk 1 benda uji tiap-tiap variasi serat

Jenis Beton	Air (ml)	Pasir (gr)	Batu Apung (gr)	Semen (gr)	Kadar Kawat Bendrat
0% (Normal)	1085,9	2453,3	4268,2	2262,4	0
Kadar Serat 0,5%	1085,9	2453,3	4268,2	2262,4	0,15
Kadar Serat 0,75%	1085,9	2453,3	4268,2	2262,4	0,225
Kadar Serat 1%	1085,9	2453,3	4268,2	2262,4	0,3

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Tabel 5.2 Kebutuhan campuran beton untuk 3 benda uji tiap-tiap variasi serat

Jenis Beton	Faktor Air Semen (FAS)	Air (ml)	Pasir (gr)	Batu Apung (gr)	Semen (gr)	Kadar Kawat Bendrat
0% (Normal)	0,48	4886,6	11039,9	19206,9	10180,8	0
Kadar Serat 0,5%		4886,6	11039,9	19206,9	10180,8	0,15
Kadar Serat 0,75%		4886,6	11039,9	19206,9	10180,8	0,225
Kadar Serat 1%		4886,6	11039,9	19206,9	10180,8	0,3

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

D. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

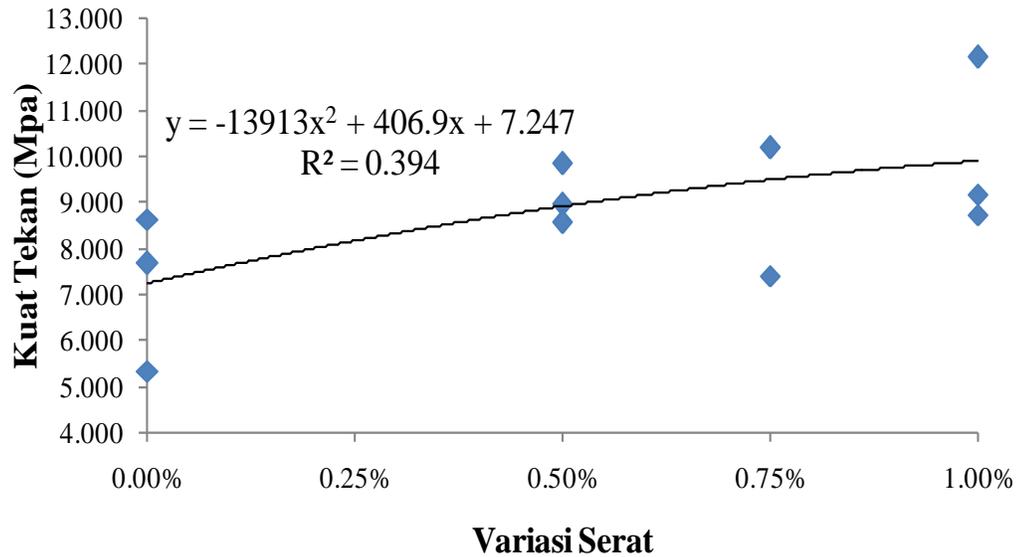
Pada penelitian ini, pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari. Pengujian dilakukan pada 3 benda uji silinder beton dengan diameter 15 cm × 30 cm untuk setiap variasi betonnya. Kekuatan tekan hasil uji beton diambil berdasarkan rata-rata kuat tekan 3 benda uji dari tiap variasi tersebut. Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada pada tabel 5.3 dan gambar 5.2.

Tabel 5.3 Hasil pengujian kuat tekan beton

Variasi Serat	Benda Uji	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata Kuat Tekan (MPa)
0%	1	5.341	7.217
	2	8.644	
	3	7.666	
0,5%	1	8.953	9.119
	2	9.845	
	3	8.560	
0,75%	1	7.399	9.271
	2	10.189	
	3	10.226	
1%	1	12.161	10.019
	2	9.162	
	3	8.732	

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Dari hasil penelitian kuat tekan beton didapatkan grafik hubungan variasi serat dan kuat tekan beton.



Gambar 5.2 Grafik hubungan variasi serat dan kuat tekan beton

Berdasarkan hasil penelitian yang dapat dilihat pada tabel 5.4, hasil uji kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan kadar serat kawat bendrat sebesar 0%, 0,5%, 0,75%, dan 1% berturut-turut adalah 7,217 MPa, 9,119 MPa, 9,271 MPa, dan 10,019 MPa. Kuat tekan beton ringan normal tanpa serat 0% sebesar 7,217 MPa dan kuat tekan maksimum tercapai pada beton ringan dengan kadar serat sebesar 1% yang menghasilkan kuat tekan 10,019 MPa, nilai kuat tekan beton mengalami kenaikan seiring dengan semakin besarnya kadar serat kawat bendrat yang diberikan. Ditinjau dari hasil kuat tekan beton ringan normal tanpa serat 0% dan beton ringan tambahan serat 1%, peningkatan kuat tekan beton sebesar 38,825%. Pada grafik yang ditunjukkan dalam gambar 5.2, diperoleh persamaan $y = -13913x^2 + 406,9x + 7,247$ dengan nilai $R^2 = 0,394$, fungsi dari nilai R^2 adalah untuk mengetahui keakuratan data yang telah dianalisis (regres), keakuratan data yang diperoleh akan semakin bagus bila nilai R^2 mendekati 1. Dalam penelitian ini nilai R^2 yang diperoleh dari hasil analisis adalah 0,394, maka data yang dianalisis masih belum akurat. Belum

akuratnya data pada penelitian ini dikarenakan besarnya nilai FAS yang digunakan, semakin besar nilai FAS hal ini akan berpengaruh pada *workability* dari beton, sehingga berpengaruh terhadap kuat tekan betonnya. Dari persamaan $y = -13913x^2 + 406,9x + 7,247$ maka didapatkan kuat tekan beton untuk tiap-tiap variasi sebagai berikut :

1. 0% $\longrightarrow y = -13913x^2 + 406,9x + 7,247 = 7,247$ MPa
2. 0,5% $\longrightarrow y = -13913x^2 + 406,9x + 7,247 = 8,934$ MPa
3. 0,75% $\longrightarrow y = -13913x^2 + 406,9x + 7,247 = 9,516$ MPa
4. 1% $\longrightarrow y = -13913x^2 + 406,9x + 7,247 = 9,925$ MPa

Jika dilihat dari hasil persamaan diatas, variasi serat kawat bendrat sangat berpengaruh terhadap nilai kuat tekan beton. Semakin banyak kadar serat pada campuran beton maka kuat tekan beton semakin besar. Peningkatan kuat tekan beton disebabkan karena adanya kontribusi dari serat terhadap volume adukan beton yang semakin padat, serat yang ditambahkan masih dapat menyebar secara random dimana serat seolah-olah berfungsi sebagai tulangan (Gunawan, Prayitno, Cahyadi, 2013). Hasil persamaan kuat tekan beton maksimum berada pada beton ringan dengan kadar serat 1% yaitu sebesar 9,925 MPa.

E. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

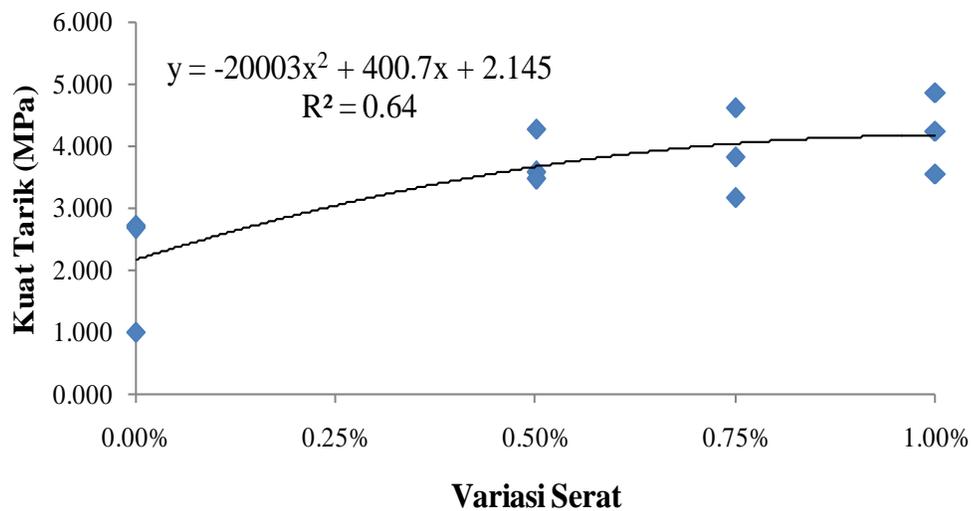
Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Pengujian ini dilakukan pada 3 benda uji silinder beton untuk setiap variasi dengan diameter 15 cm \times 30 cm. Pengujian yang dilakukan adalah pembelahan benda uji silinder oleh suatu desakan arah diameternya, untuk mendapatkan kekuatan tarik belahnya. Hasil pengujian kuat tarik belah beton dapat dilihat pada tabel 5.4 dan gambar 5.3.

Tabel 5.4 Hasil pengujian kuat tarik belah beton

Variasi Serat	Benda Uji	Kuat Tarik Belah (MPa)	Rata-rata Kuat Tarik Belah (MPa)
0%	1	2,708	2,125
	2	1,003	
	3	2,665	
0,5%	1	3,567	3,767
	2	4,274	
	3	3,460	
0,75%	1	4,619	3,869
	2	3,167	
	3	3,819	
1%	1	4,234	4,211
	2	3,548	
	3	4,852	

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Dari hasil penelitian kuat tarik belah beton didapatkan grafik hubungan variasi serat dan kuat tarik belah beton.



Gambar 5.3 Grafik hubungan variasi serat dan kuat tarik belah beton

Berdasarkan hasil penelitian pada tabel 5.4, hasil pengujian kuat tarik belah beton pada umur 28 hari dengan kadar serat kawat bendrat 0%, 0,5%, 0,75%, dan 1% berturut-turut sebagai berikut 2,125 MPa, 3,767 MPa, 3,869 MPa, dan 4,211 MPa. Nilai kuat tarik belah beton ringan normal tanpa serat 0% adalah sebesar 2,125 MPa. Kekuatan tarik belah beton terus meningkat seiring dengan penambahan serat kawat bendrat pada campuran beton, hasil ini dapat dilihat pada kadar serat kawat bendrat 1% yang memiliki nilai kuat tarik belah beton paling maksimum yaitu sebesar 4,211 MPa. Perbedaan nilai kuat tarik belah beton ringan normal tanpa serat 0% dan beton ringan tambahan serat 1%, peningkatan kuat tarik belah beton sebesar 98,165%. Dari hasil analisis tersebut maka dapat disimpulkan bahwa dengan menambahkan serat kawat bendrat berdiameter 1 mm dan panjang 50 mm pada campuran beton dapat meningkatkan kuat tarik belah beton.

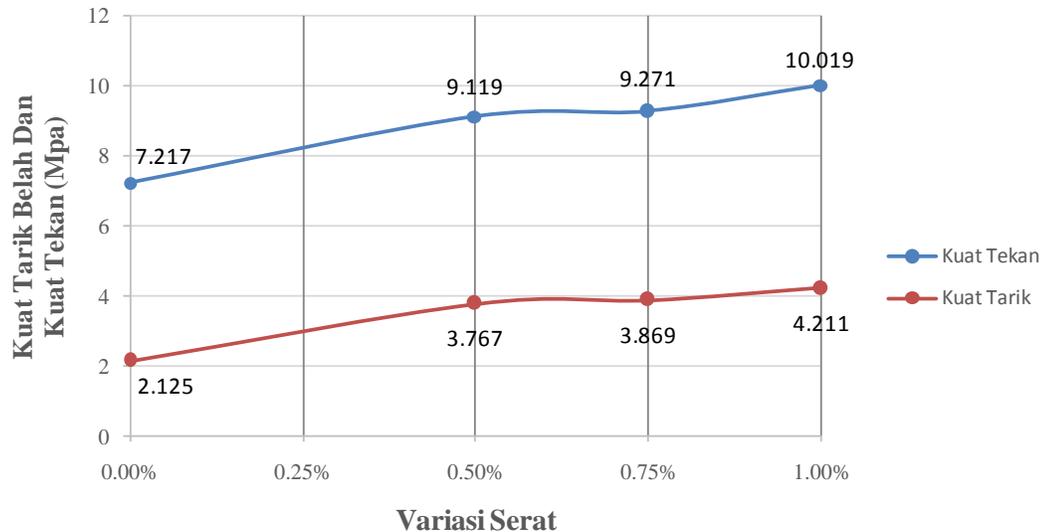
Dari grafik pada gambar 5.3 diatas diperoleh persamaan $y = -20003x^2 + 400,7x + 2,145$ dengan $R^2 = 0,64$. Sehingga didapat kuat tarik belah beton untuk tiap-tiap variasi sebagai berikut :

1. 0% $\longrightarrow y = -20003x^2 + 400,7x + 2,145 = 2,145$ MPa
2. 0,5% $\longrightarrow y = -20003x^2 + 400,7x + 2,145 = 3,648$ MPa
3. 0,75% $\longrightarrow y = -20003x^2 + 400,7x + 2,145 = 4,025$ MPa
4. 1% $\longrightarrow y = -20003x^2 + 400,7x + 2,145 = 4,152$ MPa

Hasil dari persamaan diatas, diperoleh kuat tarik belah beton dengan tambahan serat kawat bendrat sebesar 4,152 MPa pada kadar serat 1%. Kenaikan kuat tarik belah beton dikarenakan kadar serat yang ada pada campuran beton banyak, sehingga menghasilkan aksi komposit yang lebih baik. Mekanisme serat yang diharapkan yaitu Serat akan melakukan *dowel action* (aksi pasak) sehingga pasta yang sudah retak dapat stabil/kokoh menahan beban yang ada (Gunawan, Prayitno, Cahyadi, 2013).

F. Hubungan Kuat Tarik Belah dan Kuat Tekan Beton Terhadap Variasi Serat Kawat Bendrat

Hubungan nilai kuat tarik belah beton dan kuat tekan beton terhadap variasi serat kawat bendrat 0%, 0,5%, 0,75%, dan 1% dapat dilihat pada gambar 5.4.



Gambar 5.4. Grafik hubungan kuat tarik belah dan kuat tekan terhadap variasi serat kawat bendrat

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa beton normal batu apung (0%) untuk kuat tarik belah sebesar 2,125 MPa dan untuk kuat tekan sebesar 7,217 MPa. Untuk kuat tarik belah yang paling tertinggi pada variasi serat kawat bendrat 1% dengan nilai kuat tarik belah sebesar 4,211 MPa dan kuat tekan sebesar 10,019 MPa. Penambahan kawat bendrat terbukti berpengaruh baik terhadap kuat tarik belah dan kuat tekan beton ringan batu apung tersebut.

G. Perbandingan Kuat Tarik Belah Terhadap Kuat Tekan Untuk Beton Serat Kawat Bendrat

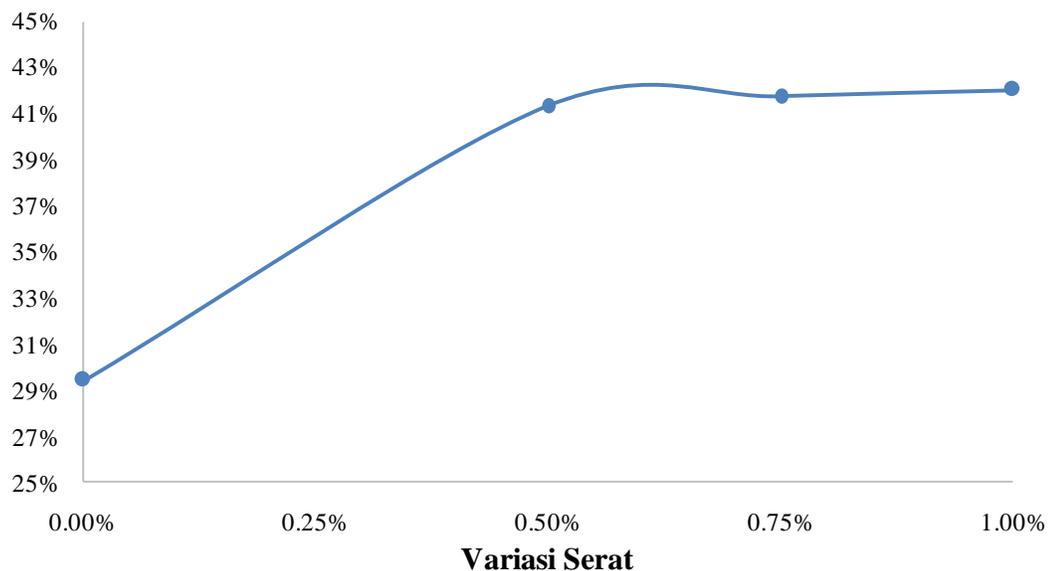
Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil perbandingan kuat tarik belah terhadap kuat tekan beton dengan serat kawat bendrat semakin meningkat. Hasil dari perbandingan dapat dilihat pada tabel 5.5 dan gambar 5.5.

Tabel 5.5 Perbandingan kuat tarik belah terhadap kuat tekan beton

Variasi Serat	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Persentase Kuat tarik Dengan Kuat Tekan (%)
0%	7.217	2.125	29
0,5%	9.119	3.767	41
0,75%	9.271	3.869	42
1%	10.019	4.211	42

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Dari hasil perbandingan pada tabel 5.5 didapatkan grafik hubungan variasi serat kawat bendrat dengan kuat tarik belah dan kuat tekan beton.



Gambar 5.5 Grafik hubungan variasi serat kawat bendrat dengan kuat tarik belah dan kuat tekan beton

Berdasarkan hasil perbandingan pada tabel 5.5 dan gambar 5.5, diperoleh nilai persentase kuat tarik belah dengan kuat tekan beton semakin meningkat pada tiap-tiap variasi kawat bendrat 0%, 0,5%, 0,75%, dan 1% dengan peningkatan berturut-turut sebesar 29%, 41%, 42%, dan 42%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa besarnya kenaikan kuat tarik belah beton sebanding dengan besarnya kenaikan kuat tekan beton. Hal ini terjadi karena adanya kontribusi dari serat kawat bendrat yang disebar secara *random* (acak) pada campuran beton sehingga menghasilkan aksi komposit yang baik dalam menahan beban yang bekerja, dengan demikian perambatan dan pelebaran retak-retak pada permukaan beton dapat berkurang.

H. Perbedaan Peningkatan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton

Dari hasil kuat tekan dan kuat tarik belah beton menggunakan agregat kasar batu apung dengan tambahan serat kawat bendrat diperoleh perbandingan peningkatan antara kuat tekan dan kuat tarik belah beton yang dapat dilihat pada tabel 5.6.

Tabel 5.6. Perbedaan peningkatan kuat tekan dan kuat tarik belah beton

Variasi Serat	Kenaikan Kuat Tekan (%)	Kenaikan Kuat Tarik Belah (%)
0%	-	-
0,5%	26,354	77,271
0,75%	28,461	82,071
1%	38,825	98,165

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Berdasarkan tabel 5.6, kenaikan kuat tekan beton ringan menggunakan serat kawat bendrat dengan kadar serat 0,5%, 0,75%, dan 1% berturut-turut yaitu 26,354%, 28,461%, dan 38,825%. Sedangkan untuk kenaikan kuat tarik belah beton dengan kadar serat kawat bendrat 0,5%, 0,75%, dan 1% berturut-turut sebesar 77,271%,

82,071%, dan 98,165%. Dari kedua data diatas menunjukkan bahwa kenaikan kuat tekan dan kuat tarik paling tinggi berada pada kadar serat 1% yaitu sebesar 38,825% untuk kuat tekan dan 98,165% untuk kuat tarik belah. Bila dibandingkan dengan kedua data kenaikan kuat tekan dan kuat tarik belah tersebut, maka dapat dilihat kenaikan kuat tarik belah lebih tinggi dibandingkan kuat tekan betonnya. Hal ini karena dipengaruhi oleh bentuk dan ukuran dari kawat bendrat yang digunakan, pemberian serat kawat bendrat dengan ukuran 50 mm ke dalam campuran beton yang dilakukan secara *random* (acak) akan dapat menahan perambatan dan pelebaran retak-retak pada beton. Faktor ini akan berpengaruh pada peningkatan daktilitas dan kapasitas penyerapan energinya, sehingga dapat meningkatkan kuat tarik belah beton tersebut.

I. Hasil Pengujian Nilai *Slump*

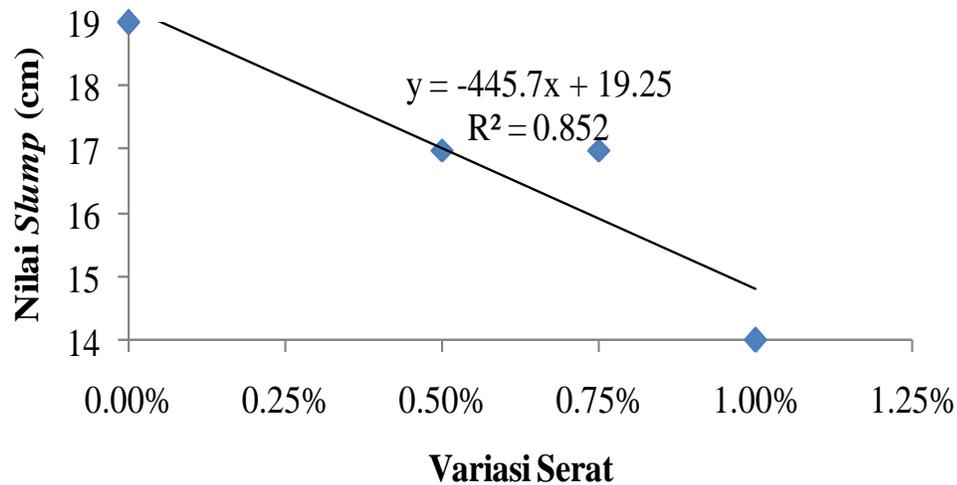
Dalam penelitian ini pengujian *slump* dilakukan untuk mengetahui *workability* pada campuran beton. Hasil pengujian *slump* dapat dilihat pada tabel 5.7 dan gambar 5.6.

Tabel 5.7. Hasil pengujian *slump*

Variasi serat	Nilai <i>Slump</i> (cm)
0%	19
0,5%	17
0,75%	17
1%	14

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Dari hasil pengujian *slump* diatas didapat grafik hubungan variasi serat dan nilai *slump*.



Gambar 5.6 Grafik hubungan variasi serat dan nilai *slump*

Berdasarkan hasil penelitian pada tabel 5.7 dan gambar 5.5 dapat dilihat perbandingan antara nilai slump beton ringan normal tanpa serat dan beton ringan dengan tambahan serat. Pada beton ringan normal tanpa serat 0% nilai *slump*nya lebih besar yaitu 19 cm dibandingkan dengan nilai *slump* beton ringan yang ditambahkan serat, beton ringan yang ditambah serat 0,5%, 0,75%, dan 1% memiliki nilai *slump* berturut-turut yaitu 17 cm, 17 cm, dan 14 cm. Dari ketiga beton ringan yang ditambah serat, nilai *slump* yang paling kecil berada pada kadar serat kawat bendrat 1% yaitu sebesar 14 cm. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak serat kadar serat dalam campuran beton maka nilai *slump* yang didapat akan semakin kecil. Nilai *slump* yang kecil akan berpengaruh pada *workability* (kemudahan dikerjakan) beton. Menurut Tjokrodimulyo (2007), adanya serat mengakibatkan berkurangnya sifat kemudahan dikerjakan.

J. Pengujian Berat Satuan Beton

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat satuan dari benda uji yang telah dibuat. Pada penelitian ini, pengujian berat satuan digunakan benda uji dengan diameter 15 cm × 30 cm. Hasil pengujian berat satuan dapat dilihat pada tabel 5.8.

Tabel 5.8 Hasil pengujian berat satuan

Variasi Serat	Benda Uji	Berat Satuan (kg/m ³)	Berat Satuan rata-rata (kg/m ³)
0%	1	1603,774	1591,195
	2	1603,774	
	3	1566,038	
0,5%	1	1622,642	1597,484
	2	1528,302	
	3	1641,509	
0,75%	1	1584,906	1616,352
	2	1641,509	
	3	1622,642	
1%	1	1622,642	1616,352
	2	1679,245	
	3	1547,170	

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Berdasarkan tabel 5.8, hasil berat satuan rata-rata beton ringan dengan kadar serat 0%, 0,5%, 0,75%, dan 1% berturut-turut sebesar 1591,195 kg/m³, 1597,484 kg/m³, 1616,352 kg/m³, dan 1616,352 kg/m³. Dari hasil yang didapatkan berat satuan beton kurang dari 1800 kg/m³, ini sesuai syarat beton disebut sebagai beton ringan jika beratnya kurang dari 1800 kg/m³ (Tjokrodinuljo, 2007). Sehingga hasil dalam penelitian ini menunjukkan bahwa beton yang dibuat termasuk beton ringan. Jadi penambahan serat kawat bendrat pada campuran beton tidak berpengaruh besar terhadap berat satuan dari beton ringan tersebut.