

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Sifat Bahan Penyusun Beton

Sebelum pembuatan *mix design* yang akan digunakan sebagai acuan untuk pembuatan benda uji, tentunya hal yang harus dilakukan terlebih dahulu adalah pengujian sifat-sifat bahan penyusun beton. Bahan penyusun beton sendiri terbagi menjadi 2 bagian yaitu, agregat kasar dan agregat halus. Dari kedua bahan penyusun tersebut dilakukan pengujian fisik dan mekanik sesuai dengan tata cara dan standar pengujian agregat. Penelitian ini juga melakukan pengujian sifat-sifat pada beton segar SCC yang dilakukan dengan 4 pengujian yaitu, pengujian Meja Sebar T50, *V-Funnel*, *L-Box*, dan *J-Ring*. Hasil yang didapat dari pengujian sifat-sifat bahan dan beton segar (*fresh properties*) adalah sebagai berikut.

4.2. Hasil Pemeriksan Agregat Halus (Pasir)

4.2.1. Pengujian Gradasi Butiran

Berdasarkan hasil pemeriksaan gradasi yang dilakukan, agregat halus (pasir dari sungai Progo) memenuhi kriteria standarisai ASTM. Untuk mengetahui hasil gradasi butiran dapat dilihat pada Tabel 2.30. Gambar serta perhitngan selengkapnya terdapat pada lampiran A.1.

Tabel 4.1 Hasil pemeriksaan gradasi butiran agregat halus

Ukuran	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertahan (gram)	Persen Berat Tertahan (%)	Persen Berat Tertahan Komulatif (%)	Persen Berat Lolos Komulatif (%)
No. 4	4,8	0	0	0	100
No. 8	2,4	25	2,00	2,00	98,00
No. 16	1,2	80	8,00	10,00	90,00
No. 30	0,6	225	22,50	32,50	67,50
No. 50	0,3	260	26,00	58,50	41,50
No. 100	0,15	325	32,50	91,00	9,00
Pan		90	9,00	100,00	0
Total		1000	100,00	294,00	

4.2.2. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Agregat yang digunakan sebaiknya memiliki kadar lumpur sekecil mungkin, karena hal tersebut dapat mempengaruhi kekuatan dari beton yang dicetak. Pada pengujian ini didapatkan hasil kadar lumpur pada agregat halus dari sungai Progo sebesar 2,97 %, hasil ini lebih kecil dari batas yang ditetapkan untuk kadar lumpur pada agregat halus yaitu sebesar 5% sesuai dengan SK SNI S-04-1989-F sehingga pasir Progo ini dapat digunakan tanpa melakukan pencucian terlebih dahulu sebelum digunakan. Penelitian terdahulu yang dilakukan Setyawan (2016) terhadap pasir Progo mendapatkan hasil kadar lumpur sebesar 4,532%. Selisih nilai hasil yang didapatkan dengan penelitian Setyawan adalah 1,562%. Hasil pengujian kadar lumpur dapat dilihat pada Lampiran A.5.

4.2.3. Pengujian Berat Satuan Agregat Halus

Berat satuan pasir SSD diperoleh sebesar 1,520 gra/cm^3 . Berat satuan ini berfungsi untuk mengetahui apakah agregat tersebut memiliki rongga atau rapat. Semakin besar berat satuan yang didapat, maka semakin rapat permukaan agregat tersebut. Hal ini berpengaruh pada proses pengerjaan beton dalam jumlah besar dan mempengaruhi kuat tekan beton. Apabila agregatnya berongga maka kuat tekan akan menurun dan apabila agregatnya rapat maka akan menambah kuat tekan beton. Berat satuan yang dimiliki agregat normal adalah 1,50-1,80 gram/cm^3 (Tjokrodimuljo, 2010). Pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Setyawan (2016) mendapatkan berat satuan agregat halus pasir Progo sebesar 1,31 gram/cm^3 . Selisih hasil pengujian terdahulu yang dilakukan Setyawan adalah 0,21%. Hasil Pengujian berat satuan terdapat pada Lampiran A.4.

4.2.4. Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Pengujian kadar air didapatkan hasil kadar air rata-rata sebesar 8,5%. Kadar air yang didapat termasuk kedalam kondisi basah (Tjokrodimuljo,2010). Kadar air yang didapatkan menunjukkan bahwa agregat yang digunakan merupakan agregat normal. Pada pengujian yang dilakukan Setyawan (2016) kadar air agregat halus dari Progo didapatkan nilai kadar air sebesar 4,575%. Selisih yang diperoleh yaitu 3,925%. Hasil pengujian dapat dilihat pada Lampiran A.2.

4.2.5. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Berdasarkan hasil pemeriksaan, berat jenis pasir jenuh kering muka didapat hasil sebesar 2,495. Penyerapan air dari keadaan kering menjadi keadaan jenuh muka adalah 0,091%. Menurut Tjokrodimuljo (2010) agregat dibedakan berdasarkan berat jenisnya yang terbagi menjadi 3 yaitu agregat normal, agregat berat, dan agregat ringan. Agregat normal yaitu agregat yang berat jenisnya 2,5-2,7, agregat berat adalah agregat yang berat jenisnya lebih dari 2,8 dan agregat ringan adalah agregat yang berat jenisnya kurang dari 2,0. Pada penelitian yang dilakukan Setyawan (2016) berat jenis dan penyerapan air agregat halus Progo didapatkan nilai sebesar 2,58 dan 0,276%. Selisih nilai yang diperoleh dari pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dengan penelitian sebelumnya adalah sebesar 0,083 dan 0,185. Hasil pengujian dapat dilihat pada Lampiran A.3.

Tabel 4.2 Hasil pengujian agregat halus

No	Pengujian	Satuan	Nilai
1	Gradasi	-	Memenuhi standar ASTM
2	Kadar Lumpur	%	2,97
3	Berat Satuan	gr/cm ³	1,520
4	Kadar Air	%	8,5
5	Berat Jenis	-	2,495
6	Penyerapan Air	%	0,091

4.3. Hasil Pengujian Agregat Kasar (*kerikil/split*)

4.3.1. Pengujian kadar Lumpur Agregat Kasar

Pengujian kadar lumpur ini dapat berpengaruh pada kekuatan beton, agregat yang digunakan sebisa mungkin memiliki kadar lumpur yang rendah. Karena semakin rendah kadar lumpur pada agregat yang digunakan semakin kuat pula beton yang dihasilkan. Pada pengujian ini kadar lumpur yang didapatkan pada agregat kasar adalah sebesar 15,26% (tidak memenuhi standar). Berdasarkan standar SK SNI S-04-1989-F kadar lumpur maksimal pada agregat halus sebesar 1%, sehingga *kerikil/split* harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan. Pengujian terdahulu yang dilakukan oleh Pratama (2016) untuk mengetahui kadar

lumpur yang terdapat pada agregat kasar yang berasal dari Clereng mendapatkan nilai sebesar 1,55%. Selisih yang didapatkan dari pengujian sebelumnya adalah sebesar 13,71%. Hasil pemeriksaan kadar lumpur dapat dilihat pada Lampiran B.3.

4.3.2. Pengujian Keausan Agregat Kasar

Agregat kasar berupa batu pecah pada penelitian ini berasal dari Clereng, Kulon Progo. Batu pecah yang digunakan memiliki ukuran 5mm-10mm dengan ukuran partikel rata-rata, d_{50} dan 7,5 mm. Menurut SNI 03-2417-1991 standar nilai abrasi maksimal keausan agregat kasar adalah sebesar 40%. Hasil pemeriksaan keausan agregat kasar didapatkan nilai sebesar 36,1%, hasil tersebut menandakan bahwa batu pecah dapat digunakan untuk pembuatan beton mutu tinggi > 20 MPa. Pengujian terdahulu yang dilakukan oleh Pratama (2016) untuk mengetahui keausan agregat kasar mendapatkan nilai sebesar 21,26%. Selisih yang didapatkan dari pengujian terdahulu adalah sebesar 14,84%. Hasil pengujian keausan agregat kasar dapat dilihat pada Lampiran B.5.

4.3.3. Pengujian Berat Satuan Agregat Kasar

Hasil pengujian berat satuan kerikil/*split* dalam keadaan SSD diperoleh nilai sebesar 1,536 gram/cm³. Fungsi dari berat satuan adalah untuk mengetahui apakah agregat tersebut berongga atau rapat. Semakin berat satuan yang dimiliki agregat maka semakin rapat pula agregat tersebut. Berat satuan ini sangat berpengaruh pada proses pembuatan beton, dan pada kekuatan tekan beton. Apabila agregat tersebut berongga maka akan mengurangi kekuatan tekan beton dan apabila agregat tersebut semakin rapat maka dapat meningkatkan kekuatan tekan beton. Berat satuan agregat yang normal adalah sebesar 1,50-1,80 gram/cm³ (Tjokrodimuljo, 2010). Hasil yang diperoleh dari pengujian berat satuan agregat kasar Clereng masuk dalam kategori normal. Pengujian yang dilakukan Pratama (2016) untuk mengetahui berat satuan agregat kasar Clereng didapatkan nilai sebesar 1,55 gram/cm³. Selisih dari pengujian terdahulu adalah sebesar 0,014%. Hasil pemeriksaan berat satuan dapat dilihat pada Lampiran B.2.

4.3.4. Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Hasil kadar air rata-rata yang diperoleh dalam pengujian ini adalah sebesar 3,325%. Kadar air yang diperoleh menunjukkan agregat kasar dari Clereng termasuk ke dalam kondisi kering udara (Tjokrodimuljo, 2010). Kadar air yang terdapat dalam kerikil/*split* menunjukkan bahwa agregat kasar yang digunakan merupakan agregat normal. Pengujian yang dilakukan Pratama (2016), didapatkan kadar air pada kerikil/*split* Clereng sebesar 0,15%. Selisih kadar air yang didapat dari pengujian sebelumnya yaitu sebesar 3,175%. Hasil pengujian dapat dilihat pada Lampiran B.4.

4.3.5. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Hasil pengujian berat jenis kerikil/*split* dalam keadaan jenuh kering muka didapat sebesar 2,491. Menurut Tjokrodimuljo (2010) agregat dibedakan berdasarkan berat jenisnya terbagi menjadi 3 yaitu agregat normal, agregat berat, dan agregat ringan. Agregat normal yaitu agregat yang berat jenisnya 2,5-2,7, agregat berat yaitu yang berat jenisnya lebih dari 2,8 dan agregat ringan yaitu yang berat jenisnya kurang dari 2,0. Hasil dari pengujian berat jenis ini menunjukkan bahwa kerikil/*split* Clereng termasuk kedalam agregat normal. . Penyerapan air dari keadaan kering menjadi keadaan jenuh kering muka adalah 2,1%. Pratama (2016) menguji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar berasal dari Clereng, nilai yang didapat berturut-turut adalah sebesar 2,82 dan 1,21%. Nilai pengujian berat jenis dan penyerapan air yang diperoleh dari pemeriksaan memiliki selisih yaitu 0,329 dan 0,89%. Hasil pemeriksaan selengkapnya tersaji pada Lampiran B.1.

Tabel 4.3 Hasil pengujian agregat kasar

No	Pengujian	Satuan	Nilai
1	Kadar Lumpur	%	15,260
2	Pemeriksaan Keausan	%	36,1
3	Berat Satuan	gram/cm ³	1,536
4	Kadar Air	%	3,325
5	Berat Jenis	-	2,491
6	Penyerapan Air	%	2,1

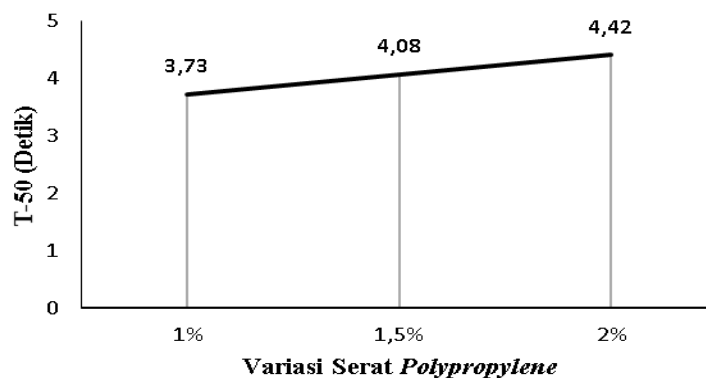
4.4. Hasil Pengujian Utama

4.4.1. Hasil Pengujian *Fresh Properties*

Sebelum melakukan pencetakan beton pada silinder, dilakukan pengujian dahulu terhadap beton segar untuk mengetahui sifat-sifat dari beton segar tersebut. Pada beton *Self-Compacting Concrete* (SCC) terdapat beberapa pengujian sifat beton segar untuk mengetahui kemampuan mengisi (*fillingability*), kemampuan mengalir (*flowability blocking*), kemampuan melewati (*passingability*), stabilitas, dan segregasi. Pada penelitian ini dilakukan 5 pengujian sifat-sifat beton segar, yaitu pengujian *Slump flow*, *T-50*, *V-Funnel*, *L-Box*, dan *J-ring*. Adapun hasil yang didapatkan dari pengujian sifat-sifat beton segar dapat dilihat pada Tabel 4.4. Hasil dari pengujian tersebut dapat diketahui bahwa beton *Self Compacting Concrete* dengan bagan tambah kaolin dan serat *Polypropylene* telah masuk dalam klasifikasi batas-batas sifat beton segar *EFNARC* (2002), kecuali pada pengujian *J-Ring*. Ketetapan dari *EFNARC* pada pengujian *J-Ring* memiliki diameter ± 10 mm diukur dari garis lingkaran diameter 500 mm, sedangkan hasil pengujian yang didapatkan pada ketiga variasi serat *polypropylene* 1%, 1,5%, dan 2% untuk total diameter akhir berturut-turut yaitu sebesar 590 mm, 620 mm, dan 600 mm. Dari hasil pengukuran akhir garis lingkaran diameter 500 mm didapatkan hasil pengujian *J-Ring* sebesar 90 mm, 120 mm, dan 100 mm sehingga tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan EFNARC.

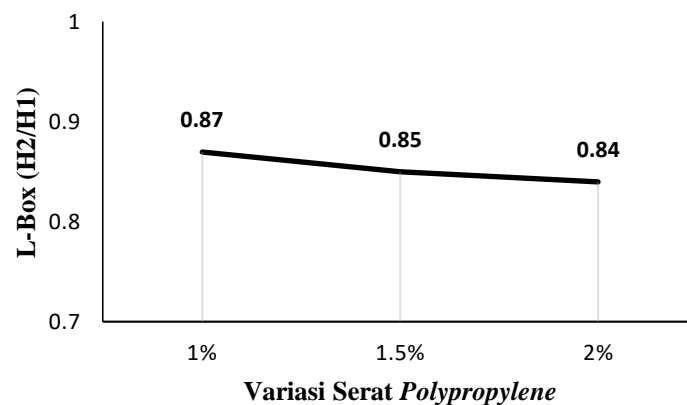
Tabel 4.4 Hasil pengujian *fresh properties* variasi serat

Variasi Serat	T _{50cm}	V-Funnel	L-Box H ₂ /H ₁	Slump Flow
1%	3,73 detik	8,24 detik	0,87 cm	720 mm
1,5%	4,08 detik	9,31 detik	0,85 cm	700 mm
2%	4,42 detik	11,42 detik	0,84 cm	690 mm



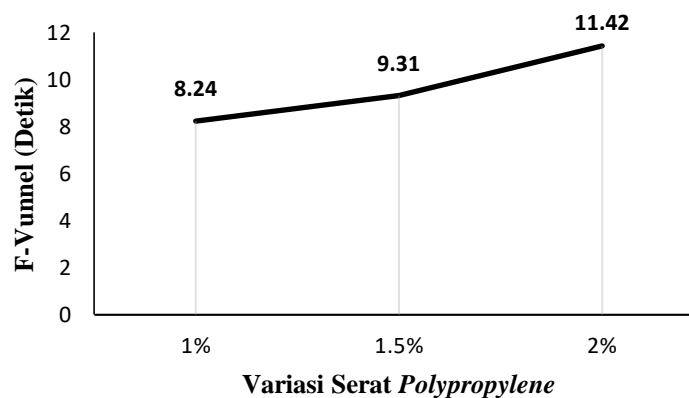
Gambar 4.2 Hasil pengujian T₅₀ dengan variasi serat *polypropylene*

Gambar 4.2 menunjukkan hasil pengujian beton segar meja sebar (T_{50}), dari kadar variasi serat *polypropylene* 1%, 1,5% dan 2% didapatkan hasil berturut-turut sebesar 3,73 detik, 4,06 detik dan 4,42 detik. Dari hasil pengujian tersebut dapat diketahui bahwa masing-masing beton segar variasi serat *polypropylene* sudah memenuhi standar pengujian meja sebar yang ditentukan oleh EFNARC (2002) yaitu 2–5 detik.



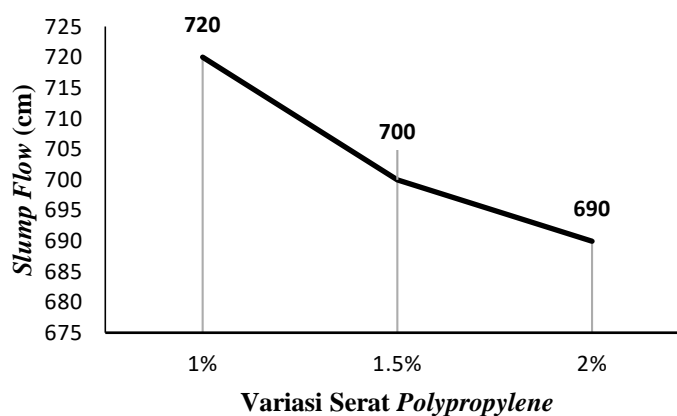
Gambar 4.3 Hasil pengujian *L-Box* dengan variasi serat *polypropylene*

Gambar 4.3 menunjukkan hasil dari pengujian beton segar *L-Box*, dari kadar variasi serat *polypropylene* 1%, 1,5% dan 2% didapatkan hasil berturut-turut sebesar 0,87 cm, 0,85 cm dan 0,84 cm. dari hasil pengujian tersebut dapat diketahui bahwa masing-masing beton segar variasi serat *polypropylene* sudah memenuhi standar pengujian *L-Box* yang ditentukan oleh EFNARC (2002) yaitu $h_2/h_1 \geq 0,8$.



Gambar 4.4 Hasil pengujian *V-Funnel* dengan variasi serat *polypropylene*

Gambar 4.4 menunjukkan hasil dari pengujian beton segar V-Funnel dari kadar variasi serat *polypropylene* 1%, 1,5% dan 2% didapatkan hasil berturut-turut sebesar 8,24 detik, 9,31 detik dan 11,42 detik. Dengan demikian dari masing-masing variasi beton segar *Self Compacting Concrete* (SCC) sudah memenuhi standar yang ditentukan oleh EFNARC (2002) yaitu 6-12 detik.



Gambar 4.5 Hasil pengujian *slump flow* dengan variasi serat *polypropylene*

Gambar 4.5 menunjukkan hasil dari pengujian beton segar *slump flow* menurun seiring bertambahnya persentase serat. Semakin besar persentase serat, kemampuan mengalir (*flowability*) beton segar akan semakin menurun. Begitu pula sebaliknya, semakin kecil persentase serat maka kemampuan mengalir (*flowability*) beton segar akan meningkat. Nilai *slump flow* yang didapat dari persentase beton serat 1%, 1,5% dan 2% berturut-turut sebesar 720 mm, 700 mm dan 690 mm. dengan demikian masing-masing variasi beton segar dengan serat *polypropylene* telah memenuhi standar yang ditentukan menurut EFNARC (2002).

4.4.2. Hasil pengujian kuat tekan beton *Self-Compacting Concrete*

Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton dengan adanya penambahan kaolin dan perbedaan variasi serat *polypropylene* sebagai bahan tambah dari berat semen. Pada penelitian ini dilakukan penambahan kaolin dan serat *polypropylene* sebagai bahan tambah dari semen dengan persentasi variasi serat 1%, 1,5%, dan 2% serta menggunakan bahan tambah zat *additive superplasticizer* dengan jenis *Visconcrete 1003* dengan kadar yang sama di setiap variasi serat yaitu 1% dari berat semen dan kadar

kaolin. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur beton 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Hasil dari pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Hasil pengujian kuat tekan beton dengan tambahan kaolin 5% dan variasi serat *polypropylene* 1%

No	Kode Benda Uji	Umur (hari)	Kadar S.P (%)	Kadar Kaolin (%)	Kadar Serat (%)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	A7S1%	7				25,7	
2	B7S1%	7				23,3	23,6
3	C7S1%	7				21,9	
4	A14S1%	14				31,0	
5	B14S1%	14	1%	5%	1%	28,1	28,3
6	C14S1%	14				25,8	
7	A28S1%	28				36,4	
8	B28S1%	28				29,4	31,0
9	C28S1%	28				27,4	

Tabel 4.5, menunjukkan hasil kuat tekan beton umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan tambahan kaolin 5% dan variasi serat *polypropylene* 1% dan kadar *superplasticizer* 1% dari berat semen dan berat kaolin. Hasil yang peroleh dari kuat tekan rata-rata berdasarkan umur perawatannya adalah sebesar 23,6 MPa; 28,3 MPa; 31,0 MPa.

Tabel 4.6 Hasil pengujian kuat tekan beton dengan tambahan kaolin 5% dan variasi serat *polypropylene* 1,5%

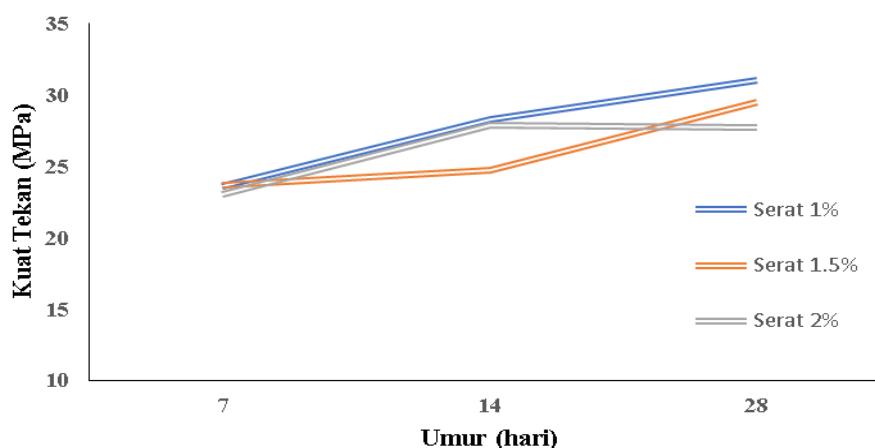
No	Kode Benda Uji	Umur (hari)	Kadar S.P (%)	Kadar Kaolin (%)	Kadar Serat (%)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	D7S1%	7				24,9	
2	E7S1%	7				21,6	23,7
3	F7S1%	7				24,5	
4	D14S1%	14				24,9	
5	E14S1%	14	1%	5%	1,5%	25,5	24,7
6	F14S1%	14				23,6	
7	D28S1%	28				28,1	
8	E28S1%	28				28,3	29,5
9	F28S1%	28				32,1	

Tabel 4.6, menunjukkan hasil kuat tekan beton umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan tambahan kaolin 5% dan variasi serat *polypropylene* 1,5% dan kadar *superplasticizer* 1% dari berat semen dan berat kaolin. Hasil yang diperoleh dari kuat tekan rata-rata berdasarkan umur perawatannya adalah sebesar 23,7 MPa; 24,7 MPa; 29,5 MPa.

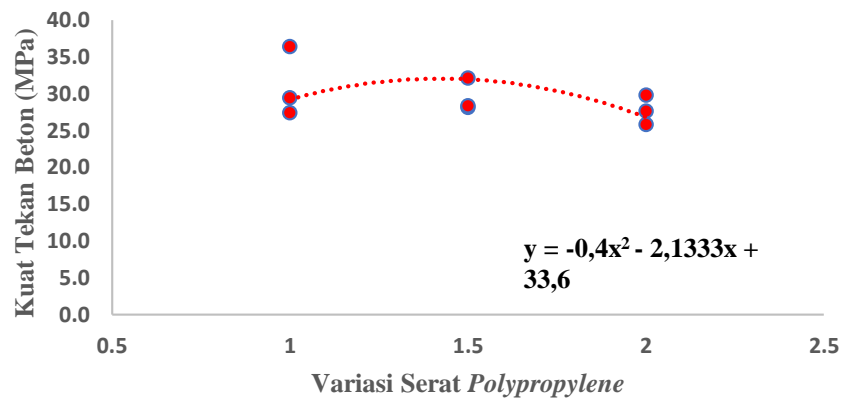
Tabel 4.7 Hasil pengujian kuat tekan beton dengan tambahan kaolin 5% dan variasi serat *polypropylene* 2%

No	Kode Benda Uji	Umur (hari)	Kadar S.P (%)	Kadar Kaolin (%)	Kadar Serat (%)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	G7S1%	7				20,8	
2	H7S1%	7				24,3	23,0
3	I7S1%	7				24,0	
4	G14S1%	14				28,7	
5	H14S1%	14	1%	5%	2%	27,8	27,9
6	I14S1%	14				27,3	
7	G28S1%	28				29,8	
8	H28S1%	28				27,6	27,7
9	I28S1%	28				25,8	

Tabel 4.7, menunjukkan hasil kuat tekan beton umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan tambahan kaolin 5% dan variasi serat *polypropylene* 1,5% dan kadar *superplasticizer* 1% dari berat semen dan berat kaolin. Hasil yang diperoleh dari kuat tekan rata-rata berdasarkan umur perawatannya adalah sebesar 23,7 MPa; 24,7 MPa; 29,5 MPa. Hasil kuat tekan beton dengan bahan tambahan kaolin, variasi serat dan penambahan *superplasticizer* digambarkan pada gambar 4.8.



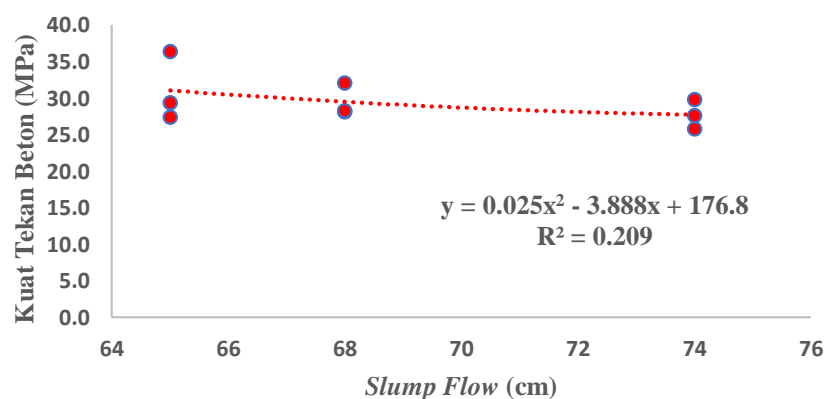
Gambar 4.8 Hubungan kuat tekan beton dengan umur perendaman



Gambar 4.9 Hubungan variasi serat *polypropylene* dengan kuat tekan beton

Gambar 4.8 menunjukkan hasil kuat tekan beton pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Pada umur 7 hari nilai kuat tekan beton tertinggi pada variasi serat 1,5%, sedangkan pada variasi serat 2% memiliki nilai kuat tekan yang rendah, ini sama halnya dengan umur beton 28 hari yang juga memiliki nilai kuat tekan yang paling rendah. Pada umur 28 hari yang memiliki nilai kuat tertinggi adalah variasi serat 1%. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa penggunaan kadar serat yang berlebih akan membuat nilai kuat tekan semakin menurun.

Gambar 4.9 menunjukkan persamaan $y = -0,4x^2 + 2,1333x + 33,6$ dapat diperoleh nilai kuat tekan optimum dari rentang variasi serat *polypropylene* antara 1%; 1,5%; hingga 2% yaitu pada kadar variasi 1,8% sebesar 35,50 MPa. Berdasarkan perhitungan persamaan tersebut diketahui bahwa semakin banyak variasi serat yang digunakan maka nilai kuat tekan beton akan menurun.



Gambar 4.10 Hubungan pengujian *Slump Flow* dengan kuat tekan beton

Berdasarkan Gambar 4.10 persamaan $y = 0,025x^2 - 3,888x + 176,8$ diperoleh nilai *slump flow* optimum dari rentang variasi serat *polypropylene* antara 1%; 1,5% hingga 2% yaitu pada nilai *slump flow* 61 cm sebesar 32.65 MPa. Berdasarkan perhitungan persamaan tersebut diketahui semakin besar penambahan nilai *slump flow* maka semakin menurun nilai kuat tekan beton yang didapatkan.