

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Pengujian Sifat Bahan Penyusun Beton

Sebelum membuat *mix design* untuk sebagai acuan dalam membuat benda uji beton silinder, tentunya hal yang dilakukan yaitu pengujian sifat-sifat bahan susun. Bahan penyusun beton terbagi menjadi 2, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Dari kedua penyusun tersebut dilakukan pengujian sifat fisik dan mekanik sesuai dengan tata cara dan standar pengujian yang digunakan. Pada penelitian ini, untuk pengujian sifat-sifat beton segar SCC hanya dilakukan 4 pengujian, yaitu pengujian Meja Sebar T50, *V-Funnel*, *L-Box*, dan *J-Ring*. Adapun hasil yang didapatkan dari pengujian sifat-sifat bahan dan beton segar (*fresh properties*) adalah sebagai berikut ini.

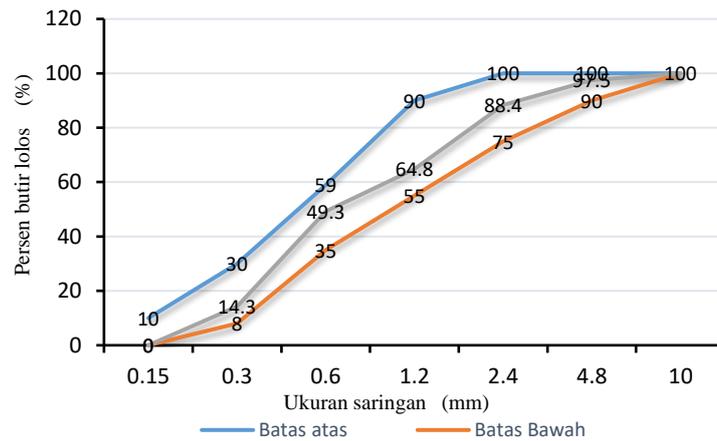
##### 1. Hasil pemeriksaan agregat halus (pasir)

###### a. Pengujian gradasi butiran

Berdasarkan hasil pemeriksaan gradasi yang dilakukan, agregat halus (pasir dari Sungai Progo) termasuk dalam daerah gradasi No. 2, yaitu pasir agak kasar dengan modulus halus butir (MHB) sebesar 2,857% memenuhi persyaratan SK SNI S-04-1989-F dengan modulus halus butir 1,50 – 3,80. Untuk mengetahui daerah gradasi dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan Gambar 5.1 serta perhitungan selengkapnya tersaji pada lampiran A.1.

Tabel 5.1. Hasil pemeriksaan gradasi butiran agregat halus

Ukuran	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertahan (gram)	Persen Berat Tertahan (%)	Persen berat Tertahan Kumulatif (%)	Persen Berat Lolos Kumulatif (%)
No.4	4,8	0	0	0	100
No.8	2,4	25	2,5	2,5	97,5
No.16	1,2	91	9,1	11,6	88,4
No.30	0,6	236	23,6	35,2	64,8
No.50	0,3	155	15,5	50,7	49,3
No.100	0,15	350	35,0	85,7	5,9
Pan		143	14,3	100	0
Total		1000	94,1	285,7	



Gambar 5.1 Hasil gradasi butiran agregat halus

b. Pengujian kadar lumpur agregat halus

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

c. Pengujian berat satuan agregat halus

Berat satuan pasir SSD diperoleh sebesar 1,520 gram/cm<sup>3</sup>. Berat satuan ini berfungsi untuk dapat mengetahui apakah agregat tersebut berongga atau mampat. Semakin besar berat satuan yang didapat, maka semakin mampat permukaan agregat tersebut. Hal ini akan berpengaruh pada proses pengerjaan beton dalam jumlah besar dan juga berpengaruh pada kuat tekan beton, dimana apabila agregatnya berongga, maka semakin rendah uji kuat tekan betonnya dan apabila semakin mampat agregatnya maka akan semakin tinggi uji kuat tekannya. Berat satuan yang dimiliki agregat normal ialah 1,50-1,80 gram/cm<sup>3</sup> (Tjokrodinuljo, 2010). Setyawan (2016) melakukan pengujian pada berat satuan agregat halus progo didapatkan sebesar 1,31 g/cm<sup>3</sup>. Selisih dari penelitian

sebelumnya setyawan adalah 0,21%. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Lampiran A.4.

d. Pengujian kadar air agregat halus

Hasil dari pengujian kadar air, diperoleh kadar air rata-rata sebesar 6,8%. Kadar air yang didapat termasuk kedalam kondisi basah (Tjokrodimuljo, 2010). Kadar air yang didapat dari hasil pengujian terdapat didalam pasir menunjukkan bahwa agregat yang dipakai merupakan agregat normal. Setyawan (2016) melakukan pengujian kadar air agregat halus berasal dari Progo, nilai kadar air yang didapatkan sebesar 4,575%. Selisih yang diperoleh yaitu 2,225%. Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran A.2.

e. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

Berdasarkan hasil pemeriksaan, berat jenis pasir jenuh kering muka didapat sebesar 2,495. Penyerapan air dari keadaan kering menjadi keadaan jenuh kering 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 yaitu agregat yang berat jenisnya lebih dari 2,8 dan agregat ringan adalah agregat yang berat jenisnya kurang dari 2,0. Setyawan (2016) melakukan pengujian terhadap berat jenis dan penyerapan air agregat halus Progo dengan nilai yang didapatkan yaitu 2,58 dan 0,276%. Selisih nilai yang diperoleh dari pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus berturut-turut dengan penelitian sebelumnya yaitu sebesar 0.083 dan 0,185. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran A.3.

Tabel 5.2 Hasil pengujian agregat halus

No	Pengujian	satuan	Nilai
1	Gradasi	-	Daerah 2
2	Kadar Lumpur	%	2,97
3	Berat Satuan	gr/cm <sup>3</sup>	1,520
4	Kadar Air	%	6,8
5	Berat Jenis	-	2,495
6	Penyerapan Air	%	0,091

## 2. Hasil pengujian agregat kasar (kerikil/*split*)

### a. Pengujian kadar lumpur agregat kasar

Pengujian kadar lumpur dapat berpengaruh pada kekuatan beton, sebisa mungkin agregat yang digunakan memiliki kadar lumpur rendah. Karena semakin rendah kadar lumpur pada agregat yang digunakan, semakin kuat beton yang dihasilkan. Kadar lumpur agregat kasar diperoleh sebesar 11,533% (tidak memenuhi standar). Berdasarkan standar SK SNI S-04-1989-F yang mana kadar lumpur maksimal sebesar 1%, sehingga kerikil/*split* ini perlu dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan. Pratama (2016) melakukan pengujian kadar lumpur agregat kasar yang berasal dari Clereng, nilai yang didapatkan sebesar 1,55%. Selisih yang didapat dengan penelitian sebelumnya adalah 9,983%. Hasil pemeriksaan kadar lumpur dapat dilihat pada Lampiran B.3.

### b. Pengujian keausan agregat kasar

Batu pecah sebagai agregat kasar utama pada penelitian ini berasal dari Clereng, Kulon Progo. Batu pecah yang digunakan berukuran 5 mm – 10 mm dengan ukuran partikel rata-rata,  $d_{50}$  adalah 7,5 mm. Menurut SNI 03-2417-1991 standar nilai abrasi maksimal keausan agregat kasar adalah sebesar 40%. Dari hasil pemeriksaan diperoleh keausan batu pecah sebesar 36,43%, dengan demikian batu pecah dapat digunakan untuk pembuatan beton dengan mutu tinggi  $> 20$  Mpa. Pratama (2016) melakukan pemeriksaan keausan agregat kasar berasal dari Clereng, nilai keausan yang diperoleh sebesar 21,26%. Selisih nilai keausan yang didapat dengan penelitian sebelumnya adalah sebesar 15,17%. Hasil selengkanya dapat dilihat pada Lampiran B.5.

### c. Pengujian berat satuan agregat kasar

Berat satuan kerikil/*split* SSD diperoleh sebesar 1,536 gram/cm<sup>3</sup>. Berat satuan ini berfungsi untuk dapat mengetahui apakah agregat tersebut porous atau mampat. Semakin berat satuan maka semakin mampat permukaan agregat tersebut. Hal ini akan berpengaruh pada proses pengerjaan beton dalam jumlah besar, dan juga berpengaruh pada

kuat tekan beton, dimana apabila semakin porous agregatnya maka semakin rendah uji kuat tekan betonnya dan apabila semakin mampat agregatnya maka akan semakin tinggi uji kuat tekannya. Berat satuan yang dimiliki agregat normal ialah 1,50-1,80 gram/cm<sup>3</sup> (Tjokrodimuljo, 2010). Dari hasil yang diperoleh dari pemeriksaan agregat kasar pada pemeriksaan agregat kasar Clereng termasuk agregat normal. Pratama (2016) melakukan pemeriksaan berat satuan agregat kasar berasal dari Clereng, nilai yang didapatkan yaitu sebesar 1,55 g/cm<sup>3</sup>. Selisih berat satuan yang didapat dengan penelitian sebelumnya yaitu sebesar 0,014%. Analisis pemeriksaan berat satuan dapat dilihat pada Lampiran B.2.

d. Pengujian kadar air agregat kasar

Kadar air rata – rata yang diperoleh dari hasil pemeriksaan sebesar 3,325%. Kadar air yang dimiliki agregat kasar berasal dari Clereng termasuk ke dalam kondisi kering udara (Tjokrodimuljo, 2010). Kadar air yang terdapat dalam kerikil/*split* menunjukkan bahwa agregat yang dipakai merupakan agregat normal. Pratama (2016) melakukan pemeriksaan kadar air agregat kasar berasal dari Clereng, nilai yang didapatkan yaitu sebesar 0,15%. Selisih berat satuan yang didapat dengan penelitian sebelumnya yaitu sebesar 3,175%. Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran B.4.

e. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

Berdasarkan hasil pemeriksaan, berat jenis kerikil/*split* jenuh kering muka didapat sebesar 2,491. 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 yaitu agregat yang berat jenisnya lebih dari 2,8 dan agregat ringan adalah agregat yang berat jenisnya kurang dari 2,0. Dari berat jenis yang didapat pada agregat kasar yang berasal dari 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 5.3 Hasil pengujian agregat kasar

No	Pengujian	Satuan	Nilai
1	Kadar lumpur	%	11,533
2	Pemeriksaan keausan	%	36,43
3	Berat satuan	gr/cm <sup>3</sup>	1,536
4	Kadar air	%	3,325
5	Berat jenis	-	2,491
6	Penyerapan air	%	2,1

## B. Hasil Pengujian Utama

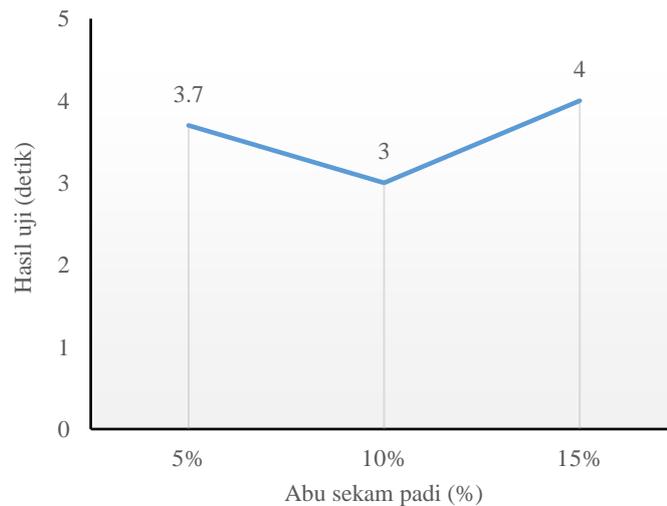
### 1. Hasil pengujian *fresh properties*

Sebelum melakukan pencetakan beton pada silinder cetakan, terlebih dahulu dilakukan pengujian sifat-sifat beton segar. Pada *Self-Compacting Concrete (SCC)* banyak sekali pilihan pengujian sifat beton segar untuk mengetahui kemampuan mengisi (*filling ability*), kemampuan mengalir (*flowability blocking*), Kemampuan melewati (*passing ability*), stabilitas maupun segregasi. Pada penelitian ini, dilakukan 4 pengujian sifat-sifat beton segar, yaitu pengujian Meja Sebar (T50), *V-Funnel*, *L-Box*, dan *J-Ring*. Adapun hasil yang didapatkan dari pengujian sifat-sifat beton segar tersaji pada Tabel 5.4. Maka dari hasil pengujian tersebut SCC menggunakan tambahan abu sekam padi pada semen telah masuk dalam klasifikasi batas-batas sifat beton segar *European Federation Of National Trade Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Products (EFNARC)* kecuali pada pengujian *J-Ring*. Standar yang telah ditetapkan EFNARC diameter akhir pada pengujian *J-Ring*  $\pm 10$  mm diukur dari garis lingkaran diameter 500 mm, sedangkan hasil yang didapatkan dari ketiga variasi ASP 5%, 10%, dan 15% untuk total diameter akhir berturut-turut yaitu sebesar 560 mm, 570 mm, dan 575 mm, dengan demikian hasil pengukuran akhir dari garis lingkaran diameter 500 mm

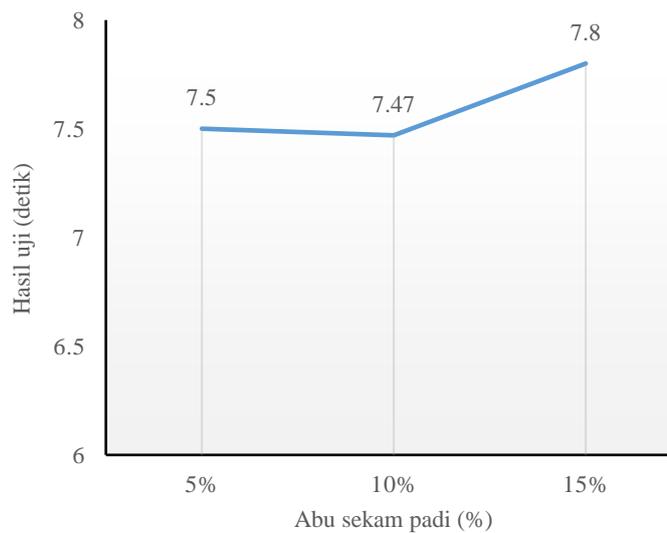
didapatkan hasil *J-Ring* 60 mm, 70 mm, dan 75 mm sehingga tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan EFNARC.

Tabel 5.4 Hasil pengujian *fresh properties* berdasarkan variasi abu sekam padi

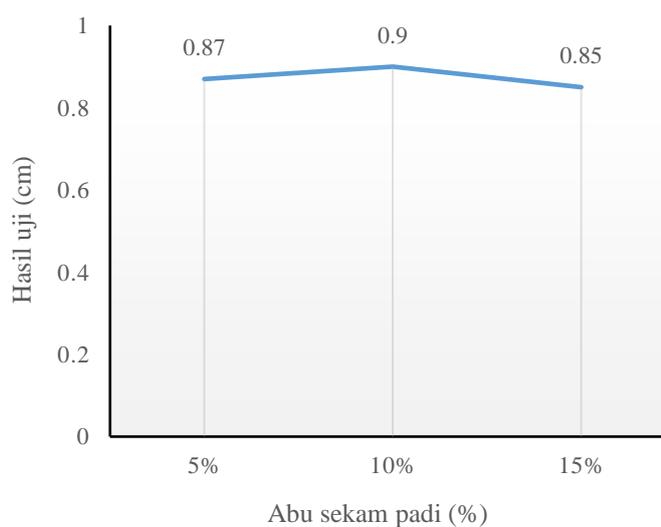
Variasi	T <sub>50cm</sub>	V-Funnel	L-Box H <sub>2</sub> /H <sub>1</sub>	J-Ring
5 %	3,7 detik	7,50 detik	0,8 cm	560 mm
10 %	3 detik	7,47 detik	0,875 cm	570 mm
15 %	4 detik	7,8 detik	0,9 cm	575 mm



Gambar 5.2 Hasil uji T50 dengan penambahan kadar variasi abu sekam padi



Gambar 5.3 Hasil uji V-Funnel dengan penambahan kadar variasi abu sekam padi



Gambar 5.4 Hasil uji *L-Box* dengan penambahan kadar variasi abu sekam padi

Gambar 5.2 Menunjukkan hasil dari pengujian beton segar meja sebar (T50), dari kadar variasi abu sekam padi 5%, 10%, dan 15% didapatkan hasil berturut-turut yaitu 3,7 detik, 3 detik, dan 4 detik. Penambahan kadar variasi 10% memiliki hasil paling optimal yaitu dengan catatan waktu 3 detik.

Gambar 5.3 Menunjukkan hasil dari pengujian beton segar *V-Funnel*. Hasil pengujian dari ketiga kadar variasi abu sekam padi yang berbeda-beda yaitu, untuk kadar variasi 5% didapatkan dengan catatan waktu 7,5 detik, untuk kadar variasi abu sekam padi 10% didapatkan dengan catatan waktu 7,47 detik, dan yang terakhir untuk kadar variasi abu sekam padi 15% didapatkan dengan catatan waktu 7,8 detik. Untuk catatan waktu yang paling optimal didapatkan pada penambahan kadar variasi abu sekam padi 10% yaitu 7,47 detik.

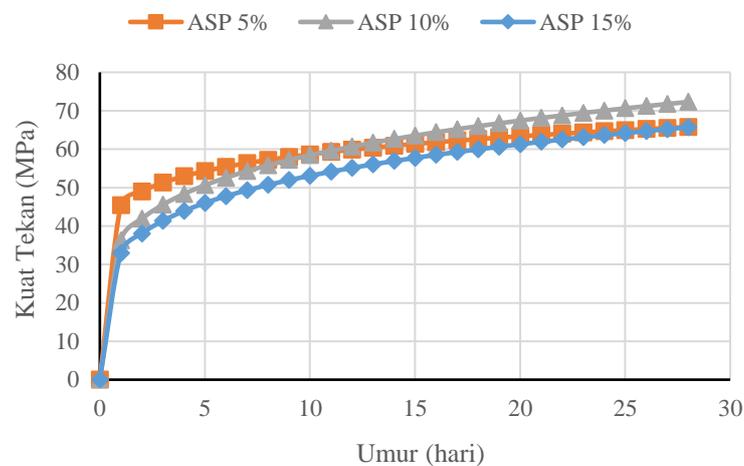
Gambar 5.5 Menunjukkan hasil dari pengujian beton segar *L-Box*, didapatkan pada penambahan kadar variasi abu sekam padi 10% paling optimal dari ketiga variasi 5%, 10%, dan 15%. Hasil dari ketiga kadar variasi tersebut berturut-turut yaitu 0,87 cm, 0,9 cm, dan 0,85 cm.

## 2. Hasil pengujian kuat tekan beton *Self-Compacting Concrete*

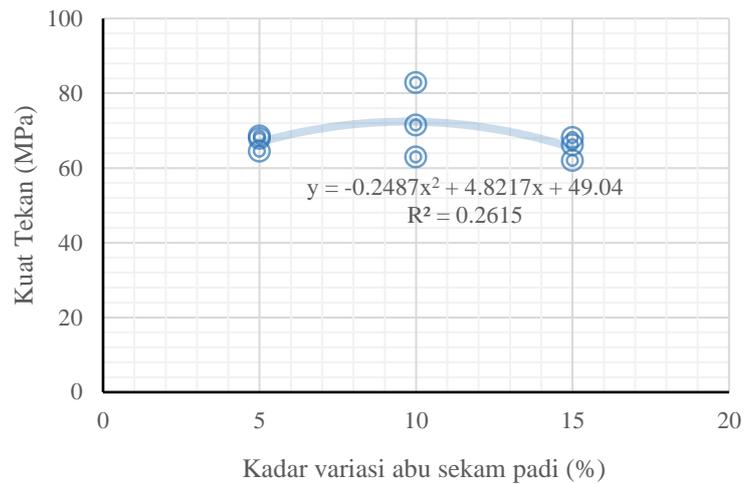
Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk memperoleh nilai kuat tekan beton dengan adanya perbedaan variasi penggunaan abu sekam padi sebagai bahan tambah dari berat semen. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada benda uji umur 7, 14, dan 28 hari. Pada penelitian ini penyusun melakukan penelitian dengan abu sekam padi sebagai bahan tambah dari semen dengan persentase variasi 5%, 10%, dan 15% serta menggunakan bahan tambah zat *additive Superplasticizer* dengan jenis *Vicocrete 1003* dengan kadar yang sama yaitu 1% dari berat semen serta kadar abu sekam padi. Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Nilai kuat tekan beton pada tiap kadar variasi abu sekam padi dan umur (MPa)

Benda Uji	Umur (Hari)	Tambahan					
		5%	Rata-rata	10%	Rata-rata	15%	Rata-rata
D	7	55,00	57,40	51,47	54,02	49,88	49,04
E	7	61,93		53,96		49,68	
F	7	55,27		56,64		47,56	
G	14	59,69	58,90	62,88	63,70	59,93	57,55
H	14	56,69		72,86		54,53	
I	14	60,32		55,36		58,20	
A	28	67,83	66,93	71,45	72,38	68,1	65,40
B	28	64,42		82,79		61,96	
C	28	68,54		62,91		66,14	



Gambar 5.5 Hubungan kuat tekan beton dengan umur perendaman



Gambar 5.6 Hubungan kadar variasi abu sekam padi dengan kuat tekan beton

Gambar 5.5 menunjukkan hasil nilai kuat tekan awal tertinggi terjadi pada kadar variasi abu sekam padi 5%, sedangkan untuk kadar variasi abu sekam padi 10% memiliki nilai kuat tekan rendah namun pada umur 28 hari memiliki nilai kuat tekan paling tinggi dibandingkan dengan kadar variasi 5% dan 15%. Nilai kuat tekan untuk kadar variasi 15% memiliki nilai kuat tekan paling rendah hingga umur perawatan (*Curing*) 28 hari. Oleh karena itu dapat kita simpulkan bahwa, penggunaan kadar abu sekam padi berlebih akan membuat nilai kuat tekan akan semakin menurun, sebaliknya pada umur perendaman semakin lama dilakukannya perendaman maka semakin tinggi nilai kuat tekan yang didapatkan.

Gambar 5.6 Berdasarkan persamaan  $y = -0,2487x^2 + 4.8217x + 49.04$  dapat diperoleh nilai kuat tekan optimum dari rentang kadar variasi abu sekam padi antara 5%, 10%, hingga 15% yaitu pada kadar variasi 9,7% sebesar 72,410 MPa. Dari perhitungan persamaan tersebut menjelaskan semakin besar penambahan kadar variasi abu sekam padi, semakin kecil nilai kuat tekan yang didapatkan atau dapat dikatakan menurun.