

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Hasil Agregat**

##### **4.1.1. Agregat Halus (Pasir)**

###### **a. Kadar lumpur**

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapatkan nilai kadar lumpur pasir yaitu 1,73%. Menurut BSN (1998) hasil yang diperoleh sudah memenuhi persyaratan untuk kandungan lumpur yang diperbolehkan pada pasir yaitu  $< 5\%$ .

###### **b. Kadar air**

Nilai kadar air rata-rata yang diperoleh pada pengujian agregat halus ini adalah 9,7%

###### **c. Berat jenis dan penyerapan air**

Berat jenis rata-rata yang didapat dari hasil pengujian pasir Kali Progo ini adalah 2,19 dengan penyerapan air 22,43. Tjokrodinuljo (1996) menyebutkan bahwa berdasarkan berat jenisnya agregat dapat dibedakan menjadi 3 yaitu, agregat normal yang memiliki berat jenis antara 2,5-2,7, agregat berat yang memiliki berat jenis lebih dari 2,8 dan agregat ringan dengan berat jenis kurang dari 2,0.

###### **e. Berat satuan**

Berat satuan rata-rata yang diperoleh dari hasil pengujian adalah  $1,41 \text{ g/cm}^3$ . Nilai berat satuan berpengaruh terhadap kuat tekan beton, semakin besar nilainya maka akan terjadi porositas pada agregatnya sehingga semakin rendah hasil uji kuat tekan betonnya.

###### **f. Gradasi butiran**

Agregat yang mempunyai gradasi seragam memiliki volume pori yang besar. Hasil gradasi butiran tiap-tiap variasi sudah sesuai dengan spesifikasi yang dinyatakan oleh Mulyono (2004) dan ASTM (1986). Hasil gradasi dengan tanpa abu sekam padi dapat dilihat pada Tabel 4.1 dimana pasir banyak tertahan pada saringan No. 50 (0,3 mm) dengan berat 298,45 gram dari berat total pasir yang digunakan dalam pengujian 1000 gram. Dan pasir paling sedikit tertahan pada saringan ukuran No. 4 (4,8 mm) dengan berat 16,05 gram.

Tabel 4.1 Hasil gradasi dengan abu sekam padi 0%

Ukuran	Berat tertahan (gram)	Berat tertahan (%)	Berat tertahan komulatif (%)	Berat lolos komulatif (%)
No. 4 (4,8 mm)	16,05	1,605	1,605	98,395
No. 8 (2,4 mm)	40,25	4,025	5,63	94,37
No. 16 (1,2 mm)	96,65	9,665	15	84,705
No. 30 (0,6 mm)	183,95	25	40,295	59,705
No. 50 (0,3 mm)	298,45	29,845	70,14	29,86
No. 100 (0,15 mm)	322,3	20	90,14	9,86
Pan	42,35	4,235	94,375	5,625
<b>TOTAL</b>	<b>1000</b>	<b>94,375</b>	<b>317,48</b>	<b>0</b>

Hasil gradasi pasir dengan penggunaan abu sekam padi 20% dapat dilihat pada Tabel 4.2 dimana tidak ada agregat halus yang tertahan pada saringan No. 4 (4,8 mm). Berat total keseluruhan pasir dan abu sekam padi pada tabel berkurang dari berat semula karena pembanding yang digunakan dalam pengukuran kandungan abu sekam padi adalah volume. Hal ini karena massa dari abu sekam padi sangat ringan. Setelah dilakukan perhitungan berdasarkan volume, didapat berat total agregat halus dengan variasi 20% abu sekam padi adalah 813,8 gram. Agregat halus paling banyak tertahan pada saringan No. 50 (0,3 mm) dengan berat 386,8 gram dan paling sedikit pada saringan No. 8 (2,4 mm) dengan berat 10 gram.

Tabel 4.2 Hasil gradasi dengan abu sekam padi 20%

Ukuran	Berat tertahan (gram)	Berat tertahan (%)	Berat tertahan komulatif (%)	Berat lolos komulatif (%)
No. 4 (4,8 mm)	0	0	0	100
No. 8 (2,4 mm)	10	1,22	1,22	98,77
No. 16 (1,2 mm)	48,5	5,95	7	92,81
No. 30 (0,6 mm)	235	28,87	36	63,93
No. 50 (0,3 mm)	386,8	47,53	83,59	16,40
No. 100 (0,15 mm)	112,5	13,82	97,41	2,58
Pan	26,55	2,58	100	0
<b>TOTAL</b>	<b>813,8</b>	<b>100</b>	<b>325,49</b>	<b>0</b>

Tabel 4.3 menunjukkan hasil gradasi pasir dengan menggunakan abu sekam padi 40%. Pada tiap saringan menunjukkan adanya agregat halus yang tertahan. Setelah melakukan hitungan berat berdasarkan volume, didapat berat

total untuk variasi 40% ini adalah 660 gram. Agregat halus paling banyak tertahan pada saringan No. 50 (0,3 mm) dengan berat 311 gram.

Tabel 4.3 Hasil gradasi dengan abu sekam padi 40%

Ukuran	Berat tertahan (gram)	Berat tertahan (%)	Berat tertahan komulatif (%)	Berat lolos komulatif (%)
No. 4 (4,8 mm)	6,5	0,79	0,79	99,20
No. 8 (2,4 mm)	16	1,96	2,76	97,23
No. 16 (1,2 mm)	51	6,26	9	90,96
No. 30 (0,6 mm)	178	21,87	30,90	69,09
No. 50 (0,3 mm)	311	38,21	69,12	30,87
No. 100 (0,15 mm)	74,5	9,15	78,27	21,72
Pan	23	282	81,10	18,89
<b>TOTAL</b>	<b>660</b>	<b>81,10</b>	<b>271,99</b>	<b>0</b>

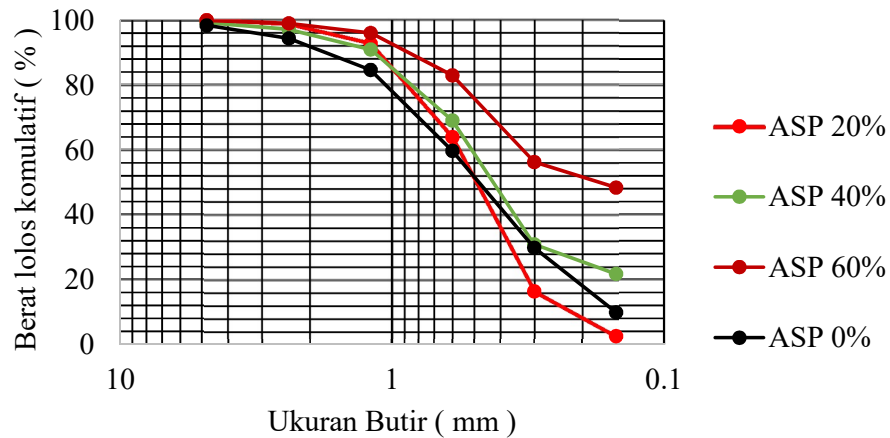
Hasil gradasi pasir dengan kadar abu sekam padi 60% dapat dilihat pada Tabel 4.4. Tidak ada agregat yang tertahan pada saringan No. 4 (4,8 mm). Agregat halus paling banyak tertahan pada saringan No. 50 (0,3 mm) dengan berat 218 gram dan paling sedikit pada saringan No. 8 (2,4 mm) dengan berat 8 gram. Setelah dilakukan perhitungan berdasarkan volume, didapat berat total agregat halus dengan variasi 20% abu sekam padi adalah 441,2 gram.

Tabel 4.4 Hasil gradasi dengan abu sekam padi 60%

Ukuran	Berat tertahan (gram)	Berat tertahan (%)	Berat tertahan komulatif (%)	Berat lolos komulatif (%)
No. 4 (4,8 mm)	0	0	0	100
No. 8 (2,4 mm)	8	0,98	0,98	99,01
No. 16 (1,2 mm)	24	2,94	4	96,06
No. 30 (0,6 mm)	106	13,02	16,95	83,04
No. 50 (0,3 mm)	218	26,78	43,74	56,25
No. 100 (0,15 mm)	64	7,86	51,60	48,39
Pan	21,2	2,60	54,21	145,78
<b>TOTAL</b>	<b>441,2</b>	<b>54,21</b>	<b>171,44</b>	<b>0</b>

Perbandingan gradasi dari keseluruhan variasi abu sekam padi dapat dilihat pada Gambar 4.1. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa gradasi dengan kandungan 60% abu sekam padi memiliki butiran yang lebih tidak bervariasi dibandingkan dengan variasi yang lainnya. Hal ini karena kandungan abu sekam padi yang mengisi lebih dari setengah proporsi pada agregat halus. Campuran pasir dengan abu sekam padi 40% dan yang dengan tanpa abu sekam padi

memiliki variasi gradasi yang baik. Campuran pasir dengan abu sekam padi 20% memiliki variasi gradasi yang cukup baik.



Gambar 4.1 Perbandingan gradasi butiran tiap variasi abu sekam padi

#### 4.1.2. Agregat Kasar

##### a. Kadar lumpur

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapatkan nilai kadar lumpur kerikil yaitu 1,79%. Menurut BSN (1998) hasil yang diperoleh belum memenuhi persyaratan untuk kandungan lumpur yang diperbolehkan pada agregat kasar (kerikil) yaitu  $< 1\%$  sehingga kerikil yang berasal dari Clereng ini harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan dalam pengadukan beton.

##### b. Kadar air

Setelah melakukan pengujian, didapat nilai kadar air rata-rata yang diperoleh pada pengujian agregat kasar (kerikil) ini adalah 1,9% dari tiga benda uji yang dilakukan pengujian.

##### c. Berat jenis dan penyerapan air

Dari hasil pengujian pasir kali progo ini didapatkan nilai rata-rata berat jenis jenuh kering muka (*saturated surface dry*) adalah 2,72 dan dengan penyerapan air 4,98%.

##### d. Berat satuan

Berat satuan yang diperoleh adalah  $1,76 \text{ g/cm}^3$ . Berat satuan agregat kasar digunakan untuk menentukan jenis batuan dan kelasnya. Untuk agregat normal memiliki berat satuan  $1,5-1,8 \text{ g/cm}^3$ .

e. Uji keausan agregat kasar

Berdasarkan BSN (1990), nilai abrasi agregat kasar maksimal untuk bangunan adalah 40%. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh rata-rata hasil abrasi agregat kasar sebesar 32,48%. Oleh karena itu agregat kasar Clereng ini telah memenuhi standar nilai.

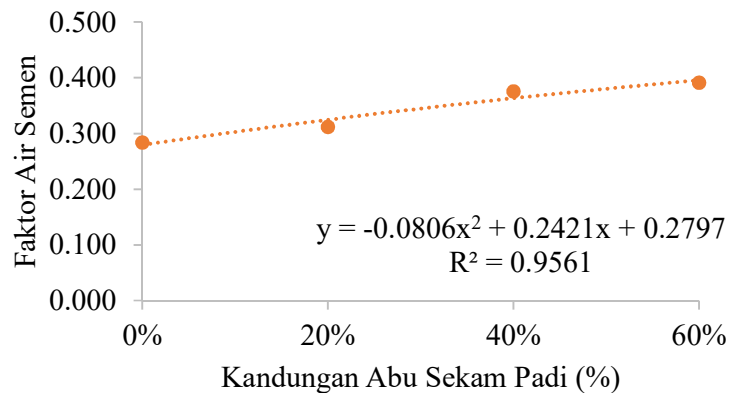
Untuk lebih jelasnya kesimpulan hasil pengujian agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil pengujian agregat

No	Pengujian	Agregat Halus	Agregat Kasar	Satuan
1	Kadar air	9,7	1,9	%
2	Kadar lumpur	1,73	1,79	%
3	Berat jenis	2,19	2,72	-
4	Penyerapan air	22,43	4,98	-
5	Berat satuan	1411,57	1757,39	Kg/m <sup>3</sup>

#### 4.2. Faktor Air Semen

Setelah dilakukan pengujian menggunakan variasi abu sekam padi (ASP), didapatkan pula nilai faktor air semen yang berbeda setiap penambahan jumlah ASP. Untuk melihat perbandingan fas dengan persentase variasi ASP dapat dilihat pada Gambar 4.2. Semakin banyak penggunaan abu sekam padi maka nilai fas juga semakin tinggi. Perbedaan nilai fas yang digunakan ini karena abu sekam padi memiliki sifat menyerap air sehingga semakin banyak kadar abu sekam padi yang digunakan maka semakin banyak juga air yang dibutuhkan untuk mencapai beton *self compacting concrete*.



Gambar 4.2 Hubungan FAS dengan kandungan abu sekam padi

### 4.3. Hasil Uji *Self Compacting Concrete*

Setelah pengujian agregat kasar dan agregat halus selesai dilakukan dan memenuhi persyaratan yang ada, kemudian dilanjutkan dengan pengujian beton segar agar mencapai nilai untuk beton memadat sendiri. Hasil pengujian beton segar yang diperoleh dari ketiga variasi abu sekam padi yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.6.

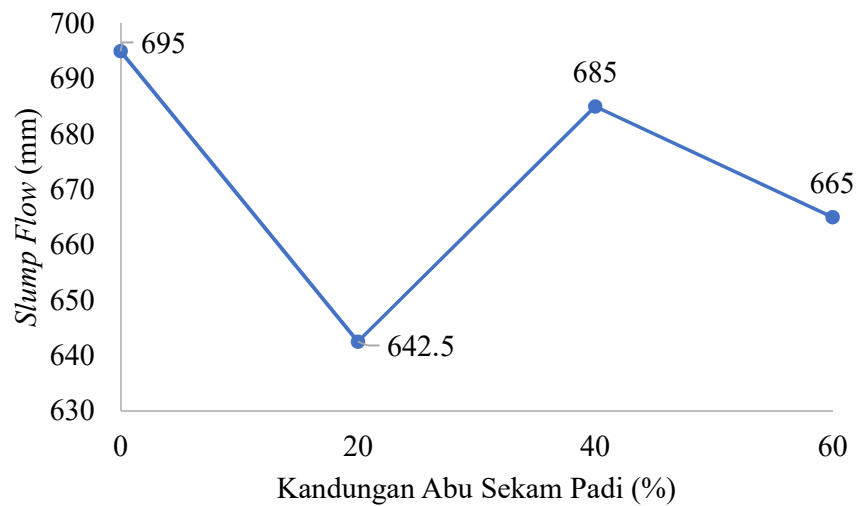
Tabel 4.6 Hasil pengujian beton segar

Variasi ASP	Jenis Pengujian			
	Slump Flow (mm)	J-Ring (mm)	V-Funnel (detik)	L-Box
20%	642,5	22	21	1,44
40%	685	24	25	0,12
60%	655	25	25	0,22

Berdasarkan spesifikasi (EFNARC, 2002) dan (EFNARC, 2005), dari hasil tersebut uji *slump flow*, *l-box*, dan *v-funnel* pada ketiga variasi abu sekam padi telah memenuhi persyaratan yang ada. Namun pada pengujian *j-ring* belum memenuhi karena keseluruhan variasi melewati nilai maksimal persyaratan yang adalah 10 mm.

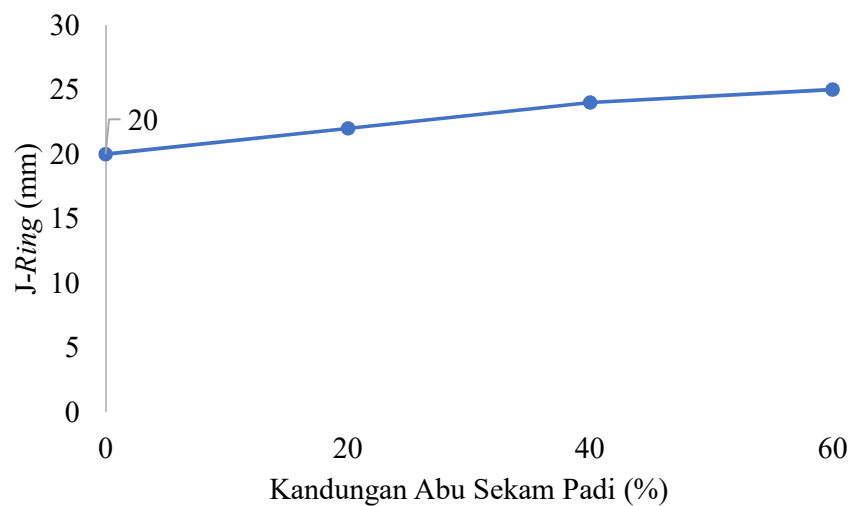
Berdasarkan pengujian yang dilakukan juga diperoleh hubungan antara metode pengujian beton memadat sendiri (*slump flow*, *l-box*, *j-ring* dan *v-funnel*) dengan variasi kandungan abu sekam padi yang digunakan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana perbandingan hasil pengujian beton segar *self compacting concrete* terhadap penggunaan tiap-tiap variasi abu sekam padi.

Hasil pengujian *slump flow* terhadap penggunaan variasi abu sekam padi dapat dilihat pada Gambar 4.3 diketahui bahwa terjadi penurunan nilai dari adukan tanpa abu sekam padi ke 20% penggunaan abu sekam padi dan terjadi peningkatan nilai *slump flow* dari 20% ke 40% penggunaan abu sekam padi dengan nilai 642,5 mm ke 685 mm dan kembali terjadi penurunan pada penggunaan 60% yaitu 665 mm. Hal ini bisa terjadi karena kesalahan saat pelaksanaan di laboratorium yang mengangkat kerucut Abrams dengan tidak lurus sehingga terjadi ketidakseimbangan atau saat pengadukan campuran yang kurang maksimal. Berdasarkan EFNARC (2005) hasil pengujian ini sudah memenuhi standar yaitu termasuk dalam kelas SF2 (660 mm – 750 mm).



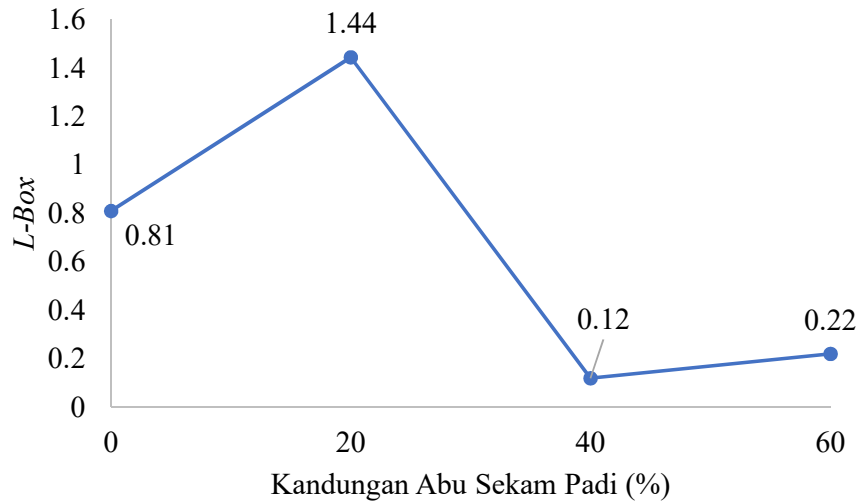
Gambar 4.3 Hubungan *slump flow* dengan kandungan abu sekam padi

Hubungan pengujian *J-Ring* dengan kandungan abu sekam padi dapat dilihat pada Gambar 4.4 bahwa dengan semakin bertambahnya variasi abu sekam padi maka semakin tinggi pula nilainya. Hasil pengujian yang didapatkan yaitu 20 mm untuk variasi 0%, 22 mm untuk variasi 20%, 24 mm untuk variasi 40% dan 25 mm untuk variasi 60%. Berdasarkan spesifikasi EFNARC (2002) menyaratkan nilai *j-ring* adalah 0-10 mm. Hal ini menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh belum memenuhi spesifikasi yang ada.



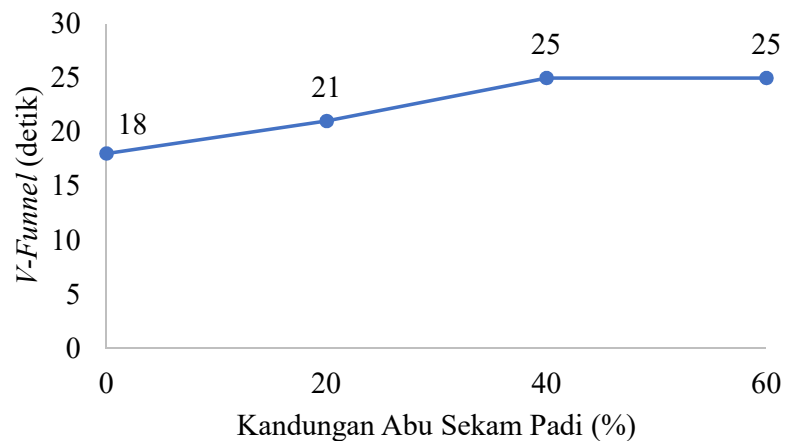
Gambar 4.4 Hubungan *j-ring* dengan kandungan abu sekam padi

Hasil pengujian yang dimasukkan dalam pengujian *L-Box* dapat dilihat pada Gambar 4.5. Dari variasi 0% abu sekam padi adanya kenaikan nilai ke 20%. Kemudian terjadi penurunan yang sangat signifikan dari variasi 20% ke 40% dan nilai *l-box* kembali menurun saat penggunaan variasi 60%. Kriteria nilai *l-box* untuk beton SCC berdasarkan EFNARC (2005) adalah  $\geq 0,75$ . Hal ini menunjukkan bahwa hasil yang didapat sudah sesuai dengan kriteria yang ada.



Gambar 4.5 Hubungan *l-box* dengan kandungan abu sekam padi

Hasil pengujian *v-funnel* menunjukkan peningkatan tiap penambahan variasi, dapat dilihat pada Gambar 4.6. Hasil tersebut sudah sesuai dengan spesifikasi yang tertera pada EFNARC (2005) yang termasuk dalam kelas VS2/VF2 dengan nilai 9 sampai 25 detik.



Gambar 4.6 Hubungan *v-funnel* dengan kandungan abu sekam padi



#### 4.4. Hasil Kuat Tekan

Uji kuat tekan dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan masing-masing 3 buah benda uji. Hasil pengujian kuat tekan beton normal tertera pada Tabel 4.7. Rata-rata kuat tekan pada umur 7 hari adalah 23,43 MPa, pada umur 14 hari adalah 29,76 MPa dan pada umur 28 hari adalah 32,6 MPa.

Tabel 4.7 Hasil uji kuat tekan beton normal

Kode Sampel	Umur Beton (hari)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-Rata (MPa)
B1	7	25,1	23,43
B2	7	22,7	
B3	7	22,5	
BU.1	14	30,9	29,76
BU.2	14	32,5	
BU.3	14	25,9	
BU 1	28	28,6	32,6
BU 2	28	31,9	
BU 3	28	37,3	

Sedangkan hasil kuat tekan dengan variasi 20% abu sekam padi dapat dilihat pada Tabel 4.8. Dimana nilai kuat tekan tertinggi pada umur 28 hari adalah 34,9 MPa dengan rata-rata 32,1 MPa. Nilai kuat tekan rata-rata umur 7 hari adalah 23,7 MPa dan nilai kuat tekan rata-rata pada umur 14 hari adalah 26,5 MPa. Dari 3 buah sampe benda uji pada umur 7 hari, BU 4 memiliki nilai kuat tekan paling rendah yaitu hanya 18,8 MPa. Hal ini bisa terjadi karena adukan beton terjadi *bleeding* yang lebih besar juga terjadi segregasi saat dimasukkan kedalam cetakan silinder.

Tabel 4.8 Hasil uji kuat tekan variasi abu sekam padi 20%

Kode Sampel	Umur Beton (hari)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
BU 1 20%	7	23,9	23,7
BU 4 20%	7	18,8	
BU 7 20%	7	28,4	
BU 5 20%	14	21,2	26,5
BU 8 20%	14	29,3	
BU 2 20%	14	29,1	
BU 3 20%	28	26,5	32,1
BU 6 20%	28	34,9	
BU 9 20%	28	31,6	

Tabel 4.9 menunjukkan hasil kuat tekan dengan variasi abu sekam padi 40%. Nilai kuat tekan rata-rata pada umur 7, 14 dan 28 hari adalah 21,3 MPa, 23,3 MPa dan 27,1 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa umur dari beton akan mempengaruhi nilai kuat tekan.

Tabel 4.9 Hasil uji kuat tekan variasi abu sekam padi 40%

Kode Sampel	Umur Beton (hari)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
BU 10 40%	7	25,8	21,3
BU 13 40%	7	22,9	
BU 16 40%	7	15,1	
BU 11 40%	14	26,7	23,3
BU 17 40%	14	17,3	
BU 14 40%	14	26,0	
BU 15 40%	28	31,6	27,1
BU 18 40%	28	19,0	
BU 12 40%	28	30,7	

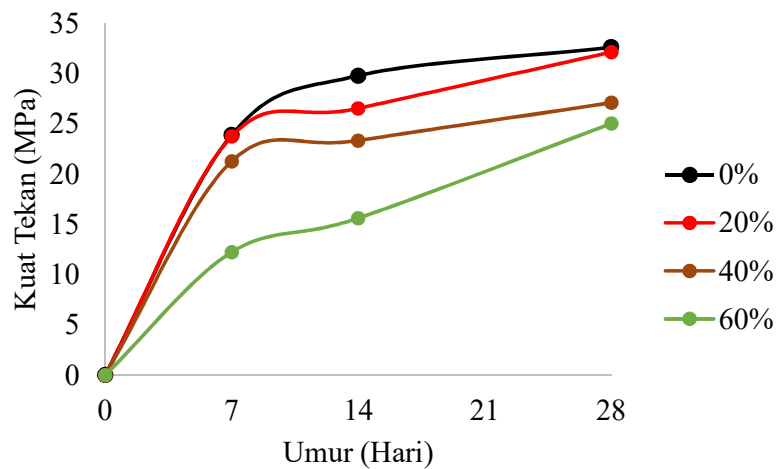
Nilai kuat tekan dengan variasi 60% abu sekam padi lebih kecil bila dibandingkan dengan variasi 20% atau 40% (Tabel 4.10). Hal ini menunjukkan semakin banyak penggunaan abu sekam padi maka semakin berkurang nilai kuat tekannya. Kuat tekan rata-rata pada umur 7 hari adalah 12,2 MPa, pada umur 14 hari adalah 15,6 MPa dan pada umur 28 hari adalah 25 MPa.

Tabel 4.10 Hasil uji kuat tekan variasi abu sekam padi 60%

Kode Sampel	Umur Beton (hari)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
BU 19 60%	7	9,7	12,2
BU 22 60%	7	8,2	
BU 25 60%	7	18,8	
BU 26 60%	14	22,6	15,6
BU 23 60%	14	11,5	
BU 20 60%	14	12,8	
BU 21 60%	28	15,8	25,0
BU 24 60%	28	23,7	
BU 27 60%	28	35,5	

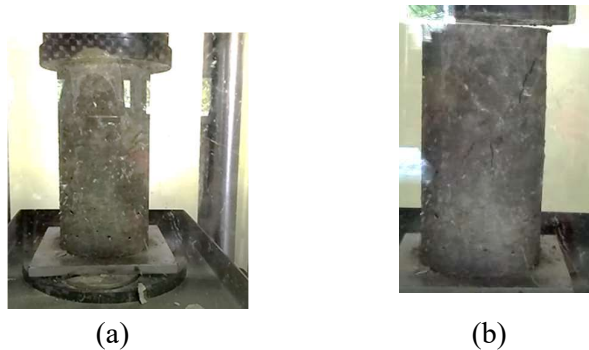
Dari keseluruhan variasi menunjukkan nilai yang sama yaitu kuat tekan tertinggi pada umur beton 28 hari. Hal ini telah sesuai dengan teori yang ada

bahwa semakin bertambah harinya, semakin meningkat pula kuat tekan beton. Ini membuktikan bahwa lamanya perawatan pada beton juga menentukan kuat tekan beton karena pada saat perawatan dengan perendaman benda uji terjadi reaksi pozolan. Perbedaan kuat tekan dengan hari pada tiap variasi dapat dilihat pada Gambar 4.7. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa kuat tekan tertinggi pada beton normal dengan variasi ASP 0% pada umur 28 hari dan kuat tekan rendah pada campuran beton dengan ASP 60% pada umur 7 hari. Semakin banyak penambahan abu sekam padi pada campuran maka semakin berkurang kuat tekan beton yang akan dihasilkan. Perbedaan beton sebelum dan setelah pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.7 Hubungan kuat tekan dengan umur beton

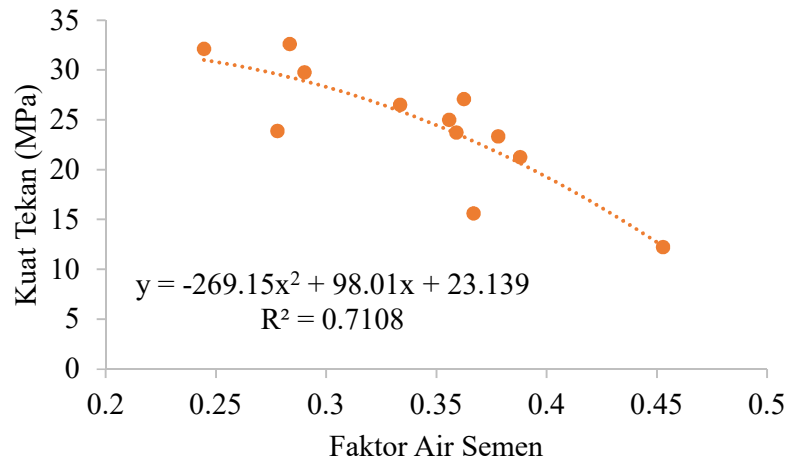
Bentuk benda uji pada saat sebelum dilakukan uji tekan dan setelah dilakukan uji tekan dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Kuat tekan beton sebelum pengujian; (a) dan setelah uji tekan (b)

#### 4.5. Hubungan FAS dan Kuat Tekan

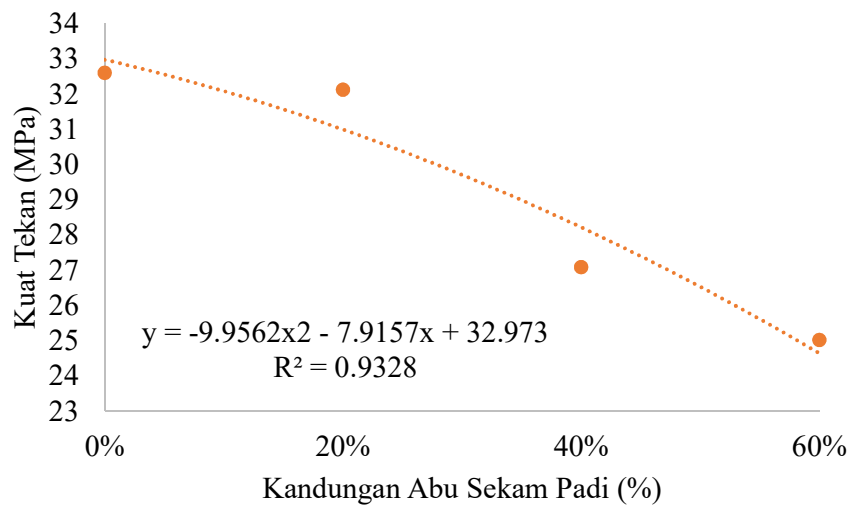
Beton normal memiliki faktor air semen yang berkisar antara 0,4 – 0,6 (Tjokrodimuljo, 2007). Semakin rendah nilai faktor air semen yang dihasilkan maka semakin tinggi pula nilai kuat tekan. Perbedaan nilai fas yang digunakan ini karena adanya kandungan abu sekam padi. Abu sekam padi menyerap air sehingga semakin banyak kadar abu sekam padi yang digunakan maka semakin banyak juga air yang dibutuhkan agar mencapai beton *self compacting concrete*. Nilai kuat tekan tertinggi adalah 32,6 MPa dengan fas 0,28 dan nilai kuat tekan terendah adalah 12,2 MPa dengan fas 0,45. Hubungan faktor air semen dengan kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Hubungan faktor air semen dan kuat tekan

#### 4.6. Hubungan Kuat Tekan dengan Campuran Abu Sekam Padi

Campuran variasi abu sekam padi juga mempengaruhi kuat tekan beton. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapat bahwa semakin banyak penggunaan abu sekam maka kuat tekan beton semakin menurun, hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.10. kuat tekan beton menurun seiring dengan bertambahnya penggunaan abu sekam padi pada campuran adukan. Kuat tekan beton tanpa abu sekam padi adalah 32,6 MPa. Kuat tekan beton dengan 20% abu sekam padi adalah 32,1 MPa. Kuat tekan beton dengan 40% abu sekam padi adalah 27,08 MPa. Kuat tekan beton dengan 60% abu sekam padi adalah 25,01 MPa.



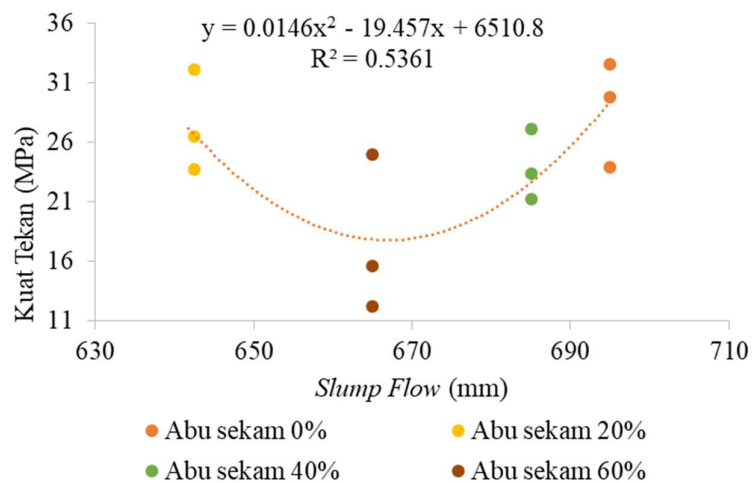
Gambar 4.10 Hubungan kuat tekan dan kandungan abu sekam padi

#### 4.7. Hubungan Kuat Tekan dengan Beton SCC

Berikut adalah hubungan kuat tekan dengan metode beton *self compacting concrete* pada umur 28 hari.

##### 1. Hubungan kuat tekan dengan *slump flow*

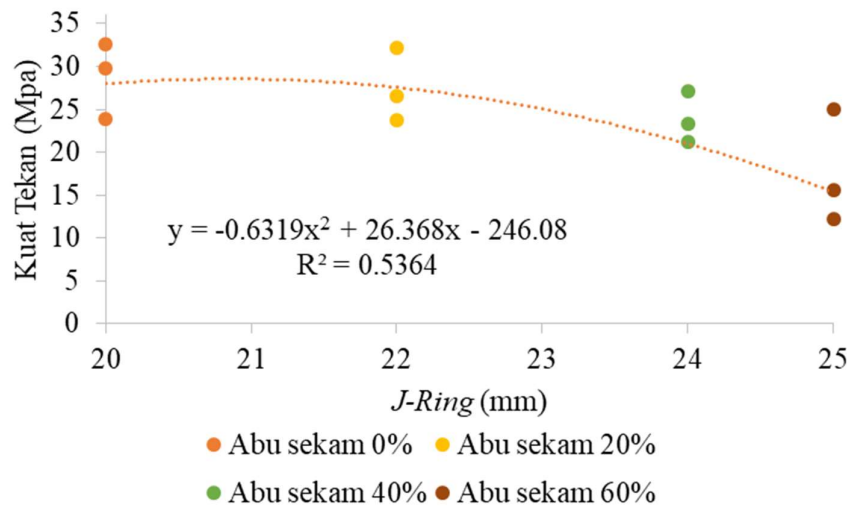
Penggunaan air dalam adukan mempengaruhi nilai *slump flow* yang juga akan mempengaruhi kuat tekan. Kuat tekan tinggi jika nilai *slump flow* lebih kecil. Nilai *slump flow* tertinggi pada campuran tanpa abu sekam padi, namun di variasi ini juga terdapat nilai kuat tekan paling tinggi (Gambar 4.7).



Gambar 4.11 Hubungan kuat tekan dan *slump flow*

## 2. Hubungan kuat tekan dengan *j-ring*

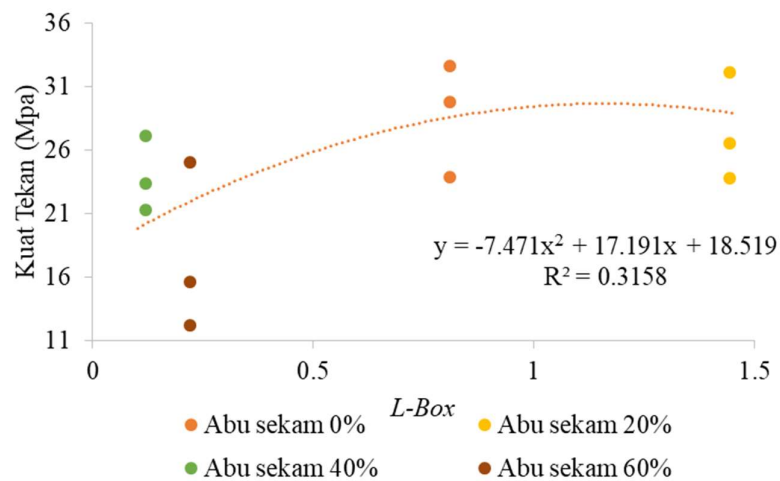
Dari Gambar 4.8 dapat diketahui bahwa semakin besar nilai *j-ring* yang diperoleh maka semakin kecil pula nilai kuat tekan. Nilai *j-ring* yang diperoleh mengalami kenaikan tiap penambahan kadar abu sekam padi, begitu juga dengan nilai kuat tekannya yang semakin menurun.



Gambar 4.12 Hubungan kuat tekan dan *j-ring*

## 3. Hubungan kuat tekan dengan *l-box*

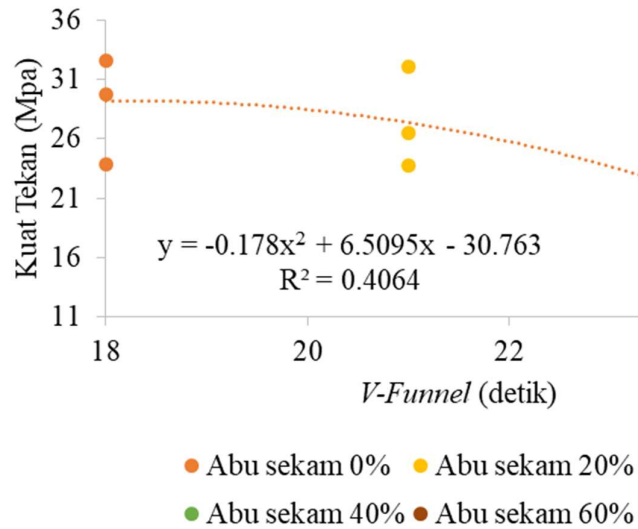
Hubungan antara kuat tekan dengan *l-box* pada garis polinomial berbanding lurus. Semakin tinggi nilai *l-box* yang diperoleh maka semakin tinggi pula nilai kuat tekannya (Gambar 4.9).



Gambar 4.13 Hubungan kuat tekan dan *l-box*

4. Hubungan kuat tekan dengan *v-funnel*

Semakin tinggi nilai yang didapat pada saat pengujian maka semakin rendah nilai kuat tekannya (Gambar 4.10).



Gambar 4.14 Hubungan kuat tekan dan *v-funnel*