

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil dan Pembahasan

Bab ini akan menjelaskan tentang hasil – hasil data yang telah didapatkan pada saat melakukan penelitian, yang kemudian akan dilakukan pengolahan data beserta pembahasan dan analisa dari data yang sudah didapatkan. Adapun hasil penelitian yang didapatkan adalah sebagai berikut

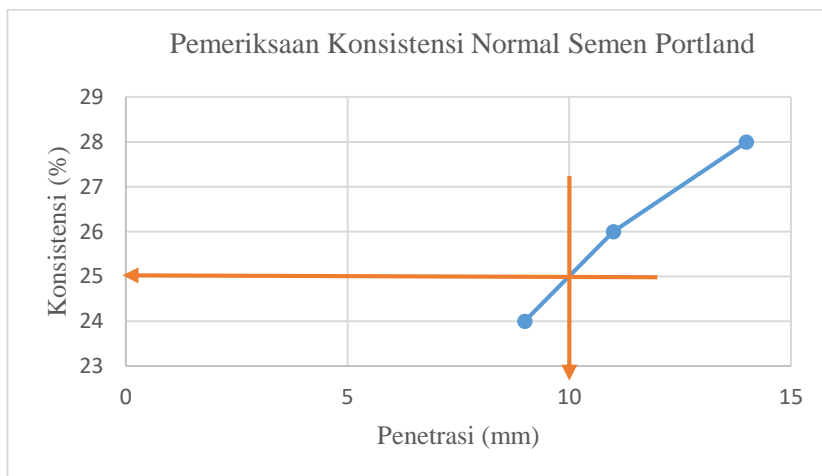
### 4.2 Hasil Pemeriksaan Material Semen

#### 4.2.1 Pemeriksaan Konsistensi Normal Semen Portland

Tabel 4.1 Hasil Data Konsistensi Normal Semen Portland

Pengujian no.	I	II	III
Berat wadah semen (gr)	76gr	76gr	76gr
Berat semen + wadah (gr)	576gr	576gr	576gr
Berat semen (gr)	500gr	500gr	500gr
Berat wadah air (gr)	62,5gr	62,5gr	62,5gr
Berat air + wadah (gr)	193,3gr	186	171,2
Penetrasi (mm)	14mm	11mm	9mm
Konsistensi (%)	28%	26%	24%

(Sumber : Hasil Pemeriksaan., 2020)



Gambar 4.1 Grafik Konsistensi Normal Semen Portland

(Sumber : Hasil Perhitungan., 2020)

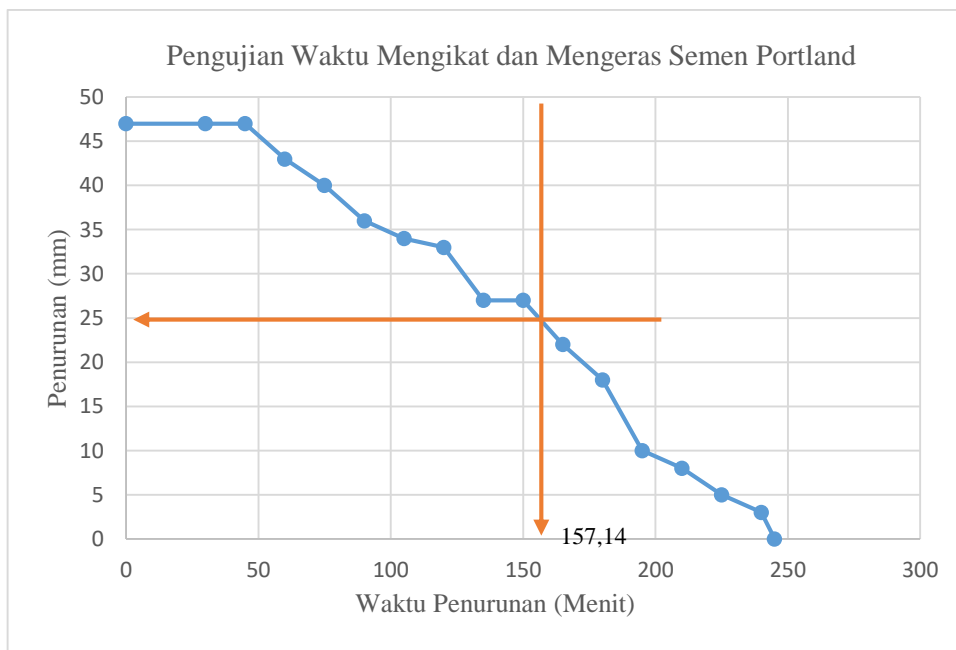
Berdasarkan gambar grafik konsistensi normal semen portland diatas, didapatkan nilai penetrasi 10mm pada nilai konsistensi sebesar 25%. Sehingga, nilai konsistensi sebesar 25% tersebut digunakan untuk pemeriksaan waktu mengikat dan mengeras semen portland.

**4.2.2 Pemeriksaan Waktu Mengikat dan Mengeras Semen Portland**

Tabel 4.2 Hasil Data Waktu Mengikat dan Mengeras Semen Portland

Nomor	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Waktu (menit)	0	30	45	60	75	90	105	120	135
Penurunan (mm)	47	47	47	43	40	36	34	30	27
Nomor	10	11	12	13	14	15	16	17	
Waktu (menit)	150	165	180	195	210	225	240	245	
Penurunan (mm)	27	22	18	10	8	5	3	0	

(Sumber : Hasil Pemeriksaan., 2020)



Gambar 4.2 Grafik Waktu Mengikat dan Mengeras Semen Portland

(Sumber : Hasil Perhitungan., 2020)

Berdasarkan gambar grafik waktu mengikat dan mengeras semen portland diatas, didapatkan waktu mengikat (penurunan sebesar 25mm) pada waktu 157,14menit dan waktu mengeras semen portland (penurunan 0mm) pada waktu 245 menit

### 4.3 Hasil Pemeriksaan Material Agregat Halus

#### 4.3.1 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

- Berat Wadah = 76gr
- Berat Pasir = 1000gr

Tabel 4.3 Hasil Data Analisa Saringan Agregat Halus

Saringan		Tinggal pada Saringan			% Kumulatif	
No.	mm	Tempat + Pasir (gr)	Pasir (gr)	(%)	Tertahan	Lolos
4	4.76	84gr	8gr	0,8%	0,8%	99,2%
8	2.38	104gr	28gr	2,8%	3,6%	96,4%
16	1.19	143gr	67gr	6,7%	10,3%	89,7%
30	0.6	339gr	263gr	26,3%	36,6%	63,4%
50	0.30	445gr	369gr	36,9%	73,5%	26,5%
100	0.15	302gr	226gr	22,6%	96,1%	3,9%
Pan	0	101gr	25gr	2,5%	98,6%	1,4%
Jumlah			986gr	98,6%	220,9%	380,5%
Modulus Kehalusan		ΣKumulatif Tertahan/100			2,20	

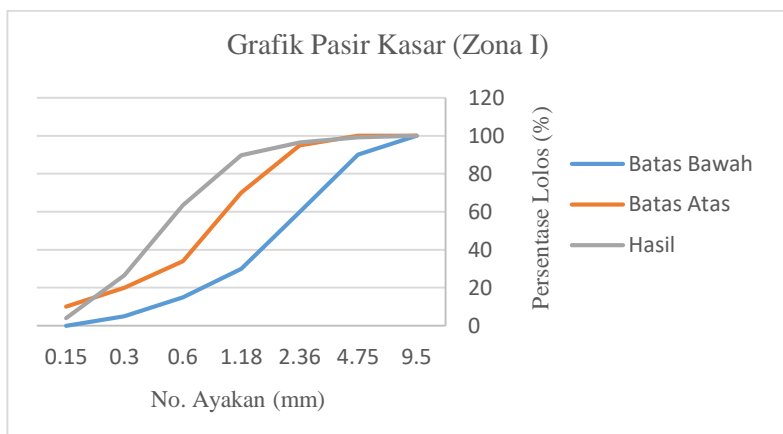
(Sumber : Hasil Pemeriksaan., 2020)

#### Perhitungan :

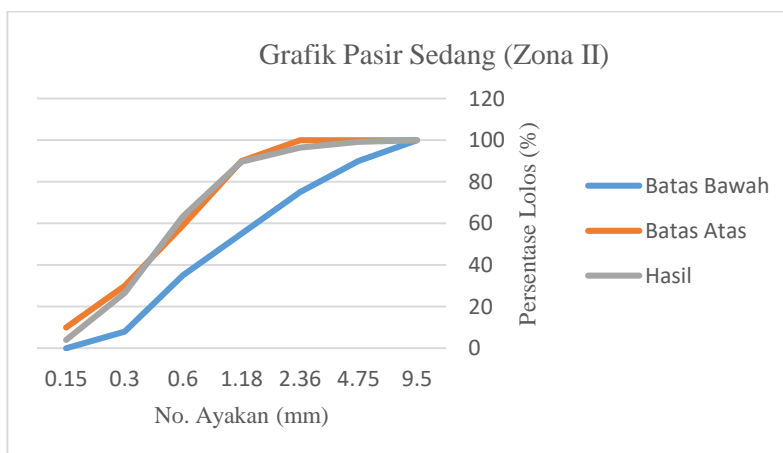
- Persentase Kumulatif Lolos =  $100\% - \% \text{Kumulatif Tertahan}$ 
  - Contoh perhitungan persentase kumulatif lolos pada saringan No.4  
 $= 100\% - \% \text{Kumulatif Tertahan} = 100\% - 0,8\% = 99,2\%$
- Persentase Pasir =  $\frac{\text{berat pasir tertinggal pada saringan}}{\text{berat pasir awal mula}} \times 100\%$ 
  - Contoh perhitungan persentase pasir pada saringan No.4  
 $= \frac{\text{berat pasir tertinggal pada saringan}}{\text{berat pasir awal mula}} \times 100\%$   
 $= \frac{8}{1000} \times 100\% = 0,8\%$
- Modulus Kehalusan =  $\frac{\Sigma \text{Kumulatif Tertahan (tanpa pan)}}{100} = \frac{220,9}{100} = 2,20$

Dengan demikian, didapatkan nilai modulus kehalusan sebesar 2,2. Berdasarkan SII 0052 – 80, batas modulus kehalusan agregat halus yang diizinkan tidak boleh melebihi 1,5 hingga 3,8, sehingga dengan modulus kehalusan agregat halus sebesar 2,2 telah memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan penyusun beton alir.

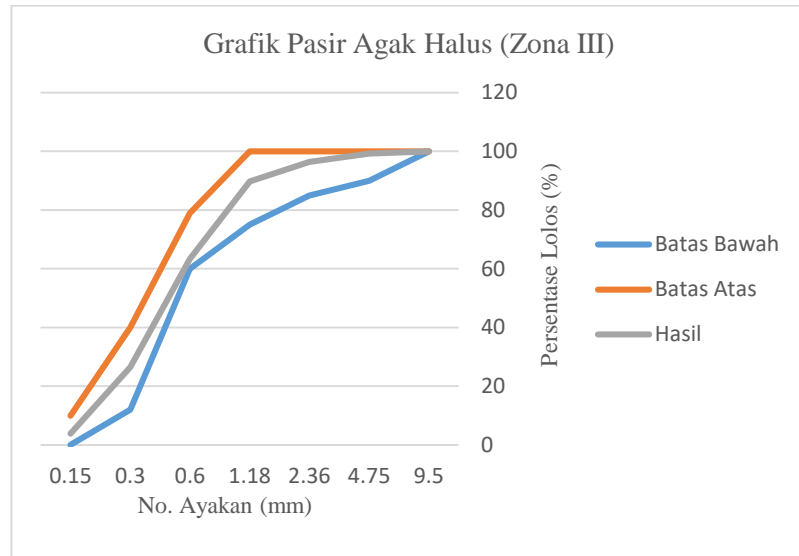
Setelah melakukan perhitungan pada agregat halus, langkah selanjutnya yaitu menentukan gradasi dari agregat halus yang akan digunakan. Adapun gambar grafik gradasi agregat halus adalah sebagai berikut.



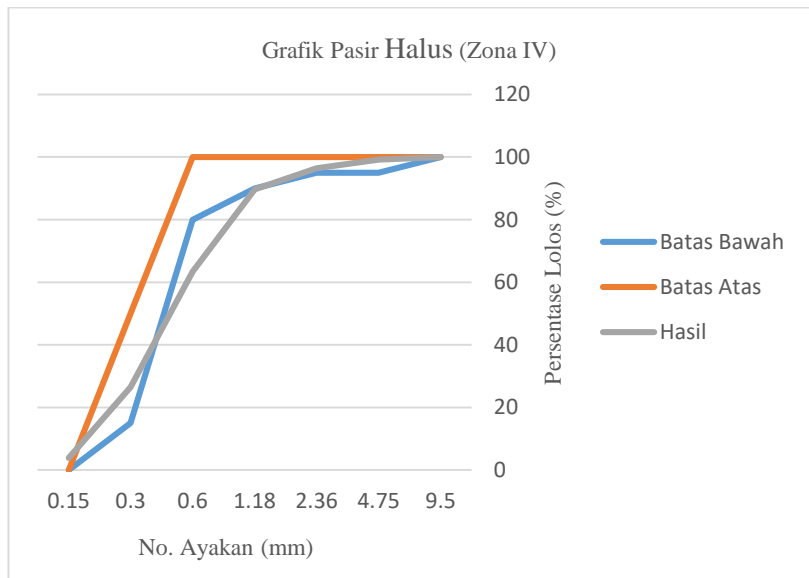
Gambar 4.3 Grafik Gradasi Pasir Kasar (Zona I)  
(Sumber : Hasil Perhitungan., 2020)



Gambar 4.4 Grafik Gradasi Pasir Sedang (Zona II)  
(Sumber : Hasil Perhitungan., 2020)



**Gambar 4.5 Grafik Gradasi Pasir Agak Halus (Zona III)**  
(Sumber : Hasil Perhitungan., 2020)



**Gambar 4.6 Grafik Gradasi Pasir Halus (Zona IV)**  
(Sumber : Hasil Perhitungan., 2020)

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa agregat halus yang akan digunakan termasuk dalam gradasi pasir agak halus atau gradasi zona III.

### 4.3.2 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

Tabel 4.4 Hasil Data Berat Jenis Agregat Halus

Pengujian No.	I
Berat benda uji jenuh kering permukaan (gr)	500
Berat benda uji kering oven (gr)	488
Berat piknometer diisi air (gr)	1.310
Berat piknometer + benda uji (SSD) + air (gr)	1.620
Berat jenis curah ( <i>Bulk Specific Gravity</i> )	2,56
Berat jenis jenuh kering permukaan ( <i>Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry</i> )	2,63
Berat jenis semu ( <i>Apparent Specific Gravity</i> )	2,74

(Sumber : Hasil Pemeriksaan., 2020)

#### Perhitungan :

- Berat Jenis Curah (*Bulk Specific Gravity*)

$$\text{Berat Jenis Curah} = \frac{488}{1310 + 500 - 1620} = 2,56$$

- Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan (*Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry*)

$$\text{Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan} = \frac{500}{1310 + 500 - 1620} = 2,63$$

- Berat Jenis Semu (*Apparent Spesific Gravity*)

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{488}{1310 + 488 - 1620} = 2,74$$

Dengan demikian, didapatkan nilai berat jenis curah sebesar 2,56, berat jenis jenuh kering permukaan sebesar 2,63 dan berat jenis semu sebesar 2,74.

### 4.3.3 Pemeriksaan Resapan Agregat Halus

Tabel 4.5 Hasil Data Resapan Agregat Halus

Percobaan No.	I	II
Berat tempat (gr)	105gr	102gr
Berat tempat + pasir SSD (gr)	605gr	602gr
Berat tempat + pasir oven (gr)	596gr	592gr
Kadar air resapan (%)	1,83%	2,04%
Rata – Rata	1,935%	

(Sumber : Hasil Pemeriksaan., 2020)

**Perhitungan :**

- Kadar Air Resapan I =  $\frac{500 - 491}{491} \times 100\% = 1,83\%$
- Kadar Air Resapan II =  $\frac{500 - 490}{490} \times 100\% = 2,04\%$
- Rata – Rata Kadar Air Resapan =  $\frac{1,83\% + 2,04\%}{2} = 1,935\%$

Dengan perhitungan diatas, didapatkan nilai rata – rata kadar air resapan untuk agregat halus sebesar 1,935%.

**4.3.4 Pemeriksaan Berat Volume Agregat Halus**

Tabel 4.6 Hasil Data Berat Volume Agregat Halus

Percobaan No.	Tanpa Rojokan	Dengan Rojokan
	I	II
Berat silinder (gr)	3.730gr	3.730gr
D/H silinder (cm)	15cm / 15cm	15cm / 15cm
Volume silinder (cm <sup>3</sup> )	2.649,375cm <sup>3</sup>	2.649,375cm <sup>3</sup>
Berat silinder + pasir (gr)	7.657gr	8.245gr
Berat pasir (gr)	3.927gr	4.515gr
Berat / volume (gr/cm <sup>3</sup> )	1,482gr/cm <sup>3</sup>	1,704gr/cm <sup>3</sup>

(Sumber : Hasil Pemeriksaan., 2020)

**Perhitungan :**

- Berat Volume I (Tanpa Rojokan) =  $\frac{7.657 - 3.730}{2.649.375} = 1,482\text{gr/cm}^3$
- Berat Volume II (Dengan Rojokan) =  $\frac{8.245 - 3.730}{2.649.375} = 1,704\text{gr/cm}^3$

Dengan perhitungan diatas, didapatkan nilai berat volume agregat halus tanpa rojokan sebesar 1,482gr/cm<sup>3</sup> dan berat volume agregat halus dengan rojokan sebesar 1,704gr/cm<sup>3</sup>

**4.3.5 Pemeriksaan Kelembaban Agregat Halus**

Tabel 4.7 Hasil Data Kelembaban Agregat Halus

Percobaan No.	I	II
Berat tempat (gr)	198gr	195gr
Berat tempat + pasir asli (gr)	698gr	695gr
Berat pasir asli (gr)	500gr	500gr
Berat tempat + pasir oven (gr)	673gr	669gr
Kelembaban (%)	5,26%	5,48%
Rata – Rata	5,37%	

(Sumber : Hasil Pemeriksaan., 2020)

**Perhitungan :**

- Kelembaban I =  $\frac{500 - 475}{475} \times 100\% = 5,26\%$
- Kelembaban II =  $\frac{500 - 474}{474} \times 100\% = 5,48\%$
- Rata – Rata Kelembaban Agregat Halus =  $\frac{5,26\% + 5,48\%}{2} = 5,37\%$

Dengan perhitungan diatas, didapatkan nilai rata – rata kelembaban untuk agregat halus sebesar 5,37%

#### 4.3.6 Pemeriksaan Kebersihan Agregat Halus terhadap Lumpur dengan Cara Kering

Tabel 4.8 Hasil Data Kebersihan Agregat Halus terhadap Lumpur dengan Cara Kering

Percobaan No.	I
Berat wadah (gr)	151 gr
Berat pasir kering (gr)	500gr
Berat pasir bersih kering (gr)	480gr
Kadar lumpur (%)	4,0 %

(Sumber : Hasil Pemeriksaan., 2020)

**Perhitungan :**

- Kadar Lumpur =  $\frac{500 - 480}{500} \times 100\% = 4,0\%$

Dengan perhitungan diatas, didapatkan kadar lumpur untuk agregat halus sebesar 4,0%. Berdasarkan *ASTM C 33 – 03 : Standard Specification for Concrete Aggregate*, untuk jenis beton lainnya batas kadar lumpur yang diizinkan sebesar 5%, sehingga dengan kadar lumpur agregat halus sebesar 4,0% telah memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan penyusun beton alir.

#### 4.4 Hasil Pemeriksaan Material Agregat Kasar (Ukuran 10mm – 20mm)

##### 4.4.1 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

Berikut merupakan hasil dari pemeriksaan analisa saringan agregat kasar ukuran 10mm – 20mm yang akan disediakan dalam bentuk tabel. Adapun tabel nya adalah sebagai berikut

- Berat Kerikil = 15.000gr
- Berat Wadah<sup>(a)</sup> = 3295gr
- Berat Wadah<sup>(b)</sup> = 76gr



Tabel 4.9 Hasil Data Analisa Saringan Agregat Kasar

Saringan		Tinggal pada Saringan			% Kumulatif	
No.	mm	Tempat + Kerikil (gr)	Kerikil (gr)	(%)	Tertahan	Lolos
3/2"	37.5	0	0	0	0	100
3/4"	19.0	0	0	0	0	100
3/8"	9.5	13.376gr <sup>(a)</sup>	10.081gr	67,20	67,20	32,8
4	4.76	8.099gr <sup>(a)</sup>	4.804gr	32,02	99,22	0,78
8	2.36	121gr <sup>(b)</sup>	45gr	0,3	99,52	0,48
16	1.38	107gr <sup>(b)</sup>	31gr	0,20	99,72	0,28
30	0.60	81gr <sup>(b)</sup>	5	0,05	99,77	0,23
50	0.30	76gr <sup>(b)</sup>	0	0	99,77	0,23
100	0.15	76gr <sup>(b)</sup>	0	0	99,77	0,23
Pan	0	76gr <sup>(b)</sup>	0	0	99,77	0,23
Jumlah			14.966gr	99,77%	664,97	
Modulus Kehalusan		$\Sigma$ Kumulatif Tertahan/100			6,64	

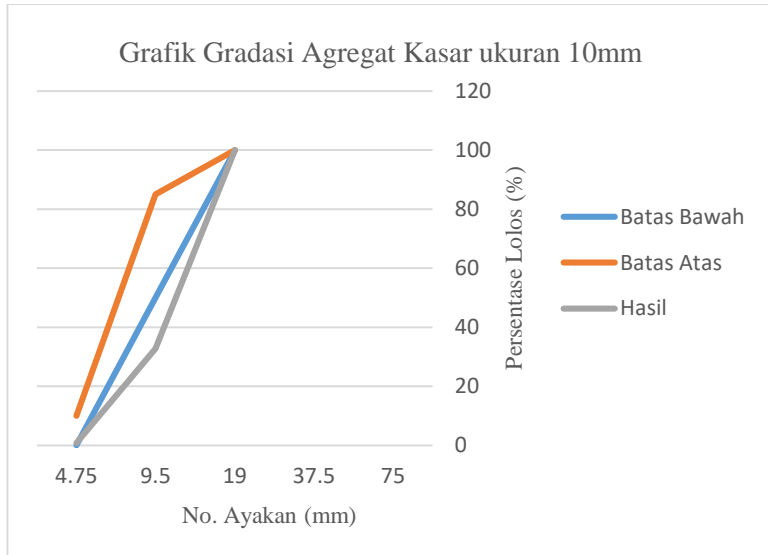
(Sumber : Hasil Pemeriksaan., 2020)

**Perhitungan :**

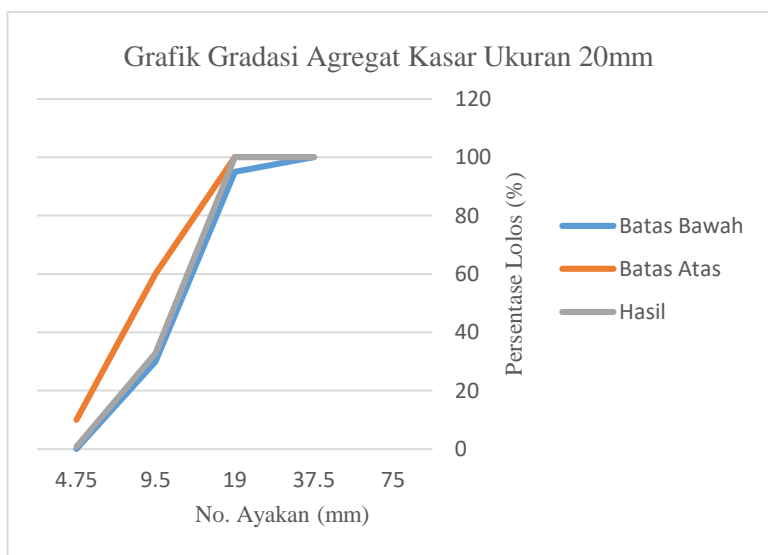
- Persentase Kumulatif Lolos = 100% - %Kumulatif Tertahan
  - Contoh perhitungan persentase kumulatif lolos pada saringan No.4  
 $= 100\% - \%Kumulatif\ Tertahan = 100\% - 99,22\% = 0,78\%$
- Persentase Pasir =  $\frac{\text{berat pasir tertinggal pada saringan}}{\text{berat pasir awal mula}} \times 100\%$ 
  - Contoh perhitungan persentase pasir pada saringan No.4  
 $= \frac{\text{berat pasir tertinggal pada saringan}}{\text{berat pasir awal mula}} \times 100\%$   
 $= \frac{10.081}{1.5000} \times 100\% = 67,20\%$
- Modulus Kehalusan =  $\frac{\Sigma\text{Kumulatif Tertahan (tanpa pan)}}{100} = \frac{664,97}{100} = 6,64$

Dengan demikian, didapatkan nilai modulus kehalusan sebesar 6,64. Berdasarkan SII.0052 dalam Mulyono, T., 2004, batas modulus kehalusan agregat kasar yang diizinkan tidak boleh melebihi 6,0 hingga 7,1, sehingga dengan modulus kehalusan agregat kasar sebesar 6,64 telah memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan penyusun beton alir.

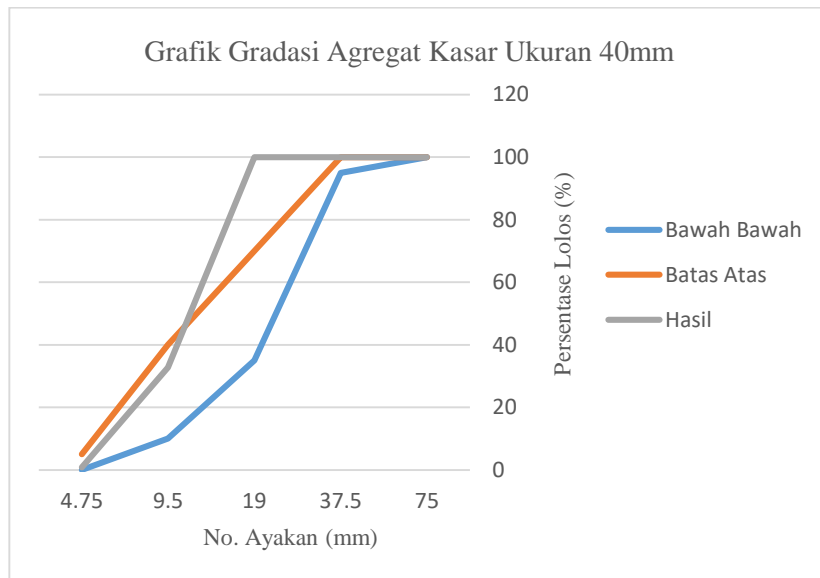
Setelah melakukan perhitungan pada agregat kasar, langkah selanjutnya yaitu menentukan gradasi dari agregat kasar yang akan digunakan. Adapun gambar grafik gradasi agregat kasar adalah sebagai berikut.



Gambar 4.7 Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 10mm  
(Sumber : Hasil Perhitungan., 2020)



Gambar 4.8 Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 20mm  
(Sumber : Hasil Perhitungan., 2020)



Gambar 4.9 Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 40mm  
(Sumber : Hasil Perhitungan., 2020)

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa agregat kasar yang akan digunakan termasuk dalam gradasi agregat kasar ukuran 20mm.

#### 4.4.2 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

Tabel 4.10 Hasil Data Berat Jenis Agregat Kasar

Pengujian No.	I
Berat keranjang (gr)	995gr
Berat keranjang + kerikil SSD (gr)	3.995gr
Berat keranjang + kerikil + air (gr)	2.755gr
Berat wadah + kerikil oven (gr)	3.070gr
Berat keranjang dalam air (gr)	860gr
Berat jenis kerikil	2,714

(Sumber : Hasil Pemeriksaan., 2020)

#### Perhitungan :

$$\text{Berat Jenis Agregat Kasar} = \frac{3.000}{3.000 - (2.755 - 860)} = 2,714$$

Dengan perhitungan diatas, didapatkan nilai berat jenis agregat kasar ukuran 10mm – 20mm sebesar 2,714.

#### 4.4.3 Pemeriksaan Resapan Agregat Kasar

Tabel 4.11 Hasil Data Resapan Agregat Kasar

Percobaan No.	I	II
Berat wadah (gr)	121gr	150gr
Berat wadah + kerikil SSD (gr)	1.121gr	1.150gr
Berat wadah + kerikil oven (gr)	1.102gr	1.135gr
Kadar air resapan (%)	1,936%	1,522%
Rata – Rata	1,729%	

(Sumber : Hasil Pemeriksaan., 2020)

##### Perhitungan :

- Kadar Air Resapan I =  $\frac{1000 - 981}{981} \times 100\% = 1,936\%$
- Kadar Air Resapan II =  $\frac{1000 - 985}{985} \times 100\% = 1,522\%$
- Rata – Rata Kadar Air Resapan =  $\frac{1,936\% + 1,522\%}{2} = 1,729\%$

Dengan perhitungan diatas, didapatkan nilai rata – rata resapan agregat kasar ukuran 10mm – 20mm sebesar 1,729%

#### 4.4.4 Pemeriksaan Berat Volume Agregat Kasar

Tabel 4.12 Hasil Data Berat Volume Agregat Kasar

Percobaan No.	Tanpa Rojokan	Dengan Rojokan
	I	II
Berat silinder (gr)	3.730gr	3.730gr
D/H silinder (cm)	15cm / 15cm	15cm / 15cm
Volume silinder (cm <sup>3</sup> )	2.649.375cm <sup>3</sup>	2.649.375cm <sup>3</sup>
Berat silinder + kerikil (gr)	7.750gr	8.250gr
Berat kerikil (gr)	4.020gr	4.520gr
Berat / volume (gr/cm <sup>3</sup> )	1,517gr/cm <sup>3</sup>	1,706gr/cm <sup>3</sup>

(Sumber : Hasil Pemeriksaan., 2020)

##### Perhitungan :

- Berat Volume I (Tanpa Rojokan) =  $\frac{7.750 - 3.730}{2.649.375} = 1,517\text{gr/cm}^3$
- Berat Volume II (Dengan Rojokan) =  $\frac{8.250 - 3.730}{2.649.375} = 1,706\text{gr/cm}^3$

Dengan perhitungan diatas, didapatkan nilai berat volume agregat kasar ukuran 10mm – 20mm tanpa rojokan sebesar 1,517gr/cm<sup>3</sup> dan berat volume dengan rojokan sebesar 1,706gr/cm<sup>3</sup>

#### 4.4.5 Pemeriksaan Kelembaban Agregat Kasar

Tabel 4.13 Hasil Data Kelembaban Agregat Kasar

Percobaan No.	I	II
Berat tempat (gr)	190gr	366gr
Berat tempat + kerikil asli (gr)	1.190gr	1.366gr
Berat kerikil asli (gr)	1.000gr	1.000gr
Berat tempat + kerikil oven (gr)	1.171gr	1.345gr
Berat kerikil oven (gr)	981gr	979gr
Kelembaban (%)	1,936%	2,14%
Rata – Rata	2,038%	

(Sumber : Hasil Pemeriksaan., 2020)

##### Perhitungan :

- Kelembaban I =  $\frac{1000 - 981}{981} \times 100\% = 1,936\%$
- Kelembaban II =  $\frac{1000 - 979}{979} \times 100\% = 2,14\%$
- Rata – Rata Kelembaban Agregat Kasar =  $\frac{1,936\% + 2,14\%}{2} = 2,038\%$

Dengan perhitungan diatas, didapatkan nilai rata – rata kelembaban untuk agregat kasar ukuran 10mm – 20mm sebesar 2,038%

#### 4.4.6 Pemeriksaan Kebersihan Agregat Kasar terhadap Lumpur dengan Cara Kering

Tabel 4.14 Hasil Data Kebersihan Agregat Kasar terhadap Lumpur dengan Cara Kering

Percobaan No.	I
Berat wadah (gr)	1.773gr
Berat kerikil kering (gr)	1.000gr
Berat kerikil bersih kering (gr)	992gr
Kadar lumpur (%)	0,8%

(Sumber : Hasil Pemeriksaan., 2020)

##### Perhitungan :

- Kadar Lumpur =  $\frac{1000 - 992}{1000} \times 100\% = 0,8\%$

Dengan perhitungan diatas, didapatkan kadar lumpur untuk agregat kasar ukuran 10mm – 20mm sebesar 0,8%. Berdasarkan *ASTM C 33 – 03 : Standard Specification for Concrete Aggregate*, untuk jenis beton lainnya batas kadar lumpur yang diizinkan sebesar 1%, sehingga dengan kadar lumpur agregat kasar ukuran 10mm – 20mm sebesar 0,8% telah memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan penyusun beton alir.

#### 4.4.7 Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar

Tabel 4.15 Hasil Data Berat Jenis Agregat Kasar

Percobaan No.	I
Berat wadah (gr)	367gr
Berat kerikil sebelum abrasi (gr)	5.000gr
Berat kerikil tertahan ayakan no.12 (setelah abrasi) + Wadah (gr)	3.279gr
Keausan (%)	41,76%

(Sumber : Hasil Pemeriksaan., 2020)

##### Perhitungan :

$$\text{Keausan Agregat Kasar} = \frac{5000 - 2912}{5000} \times 100\% = 41,76\%$$

Dengan perhitungan diatas, didapatkan nilai keausan untuk agregat kasar ukuran 10mm – 20mm sebesar 41,76%. Berdasarkan *ASTM C131/C131M – 14 : Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine*, batas keausan agregat yang diizinkan harus kurang dari 50%, sehingga dengan keausan agregat sebesar 41,76% telah memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan penyusun beton alir.

#### 4.5 Hasil Pemeriksaan Material Agregat Kasar (Ukuran 5mm – 10mm)

##### 4.5.1 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

Berikut merupakan hasil dari pemeriksaan analisa saringan agregat kasar ukuran 5mm – 10mm yang akan disediakan dalam bentuk tabel. Adapun tabel nya adalah sebagai berikut

- Berat Kerikil = 10.000gr
- Berat Wadah<sup>(a)</sup> = 412gr
- Berat Wadah<sup>(b)</sup> = 374gr

Tabel 4.16 Hasil Data Analisa Saringan Agregat Kasar

Saringan		Tinggal pada Saringan			% Kumulatif	
No.	mm	Tempat + Kerikil (gr)	Kerikil (gr)	(%)	Tertahan	Lolos
3/2"	37.5	0	0	0	0	100%
3/4"	19.0	0	0	0	0	100%
3/8"	9.5	2.177gr <sup>(a)</sup>	1.765gr	17,65%	17,65%	82,35%
4	4.76	6.823gr <sup>(a)</sup>	6.411gr	64,11%	81,76%	18,24%
8	2.36	1.523gr <sup>(a)</sup>	1.111gr	11,11%	92,87%	7,13%
16	1.38	887gr <sup>(a)</sup>	475gr	4,75%	97,62%	2,38%

Tabel 4.16 Hasil Data Analisa Saringan Agregat Kasar (Lanjutan)

Saringan		Tinggal pada Saringan			% Kumulatif	
No.	mm	Tempat + Kerikil (gr)	Kerikil (gr)	(%)	Tertahan	Lolos
30	0.60	413gr <sup>(b)</sup>	39gr	0,39%	98,01%	1,99%
50	0.30	402gr <sup>(b)</sup>	28gr	0,28%	98,29%	1,71%
100	0.15	398gr <sup>(b)</sup>	24gr	0,24%	98,53%	1,47%
Pan	0	382gr <sup>(b)</sup>	8gr	0,08%	98,61%	1,39%
Jumlah				98,61%	584,73	
Modulus Kehalusan		$\Sigma$ Kumulatif Tertahan/100			5,84	

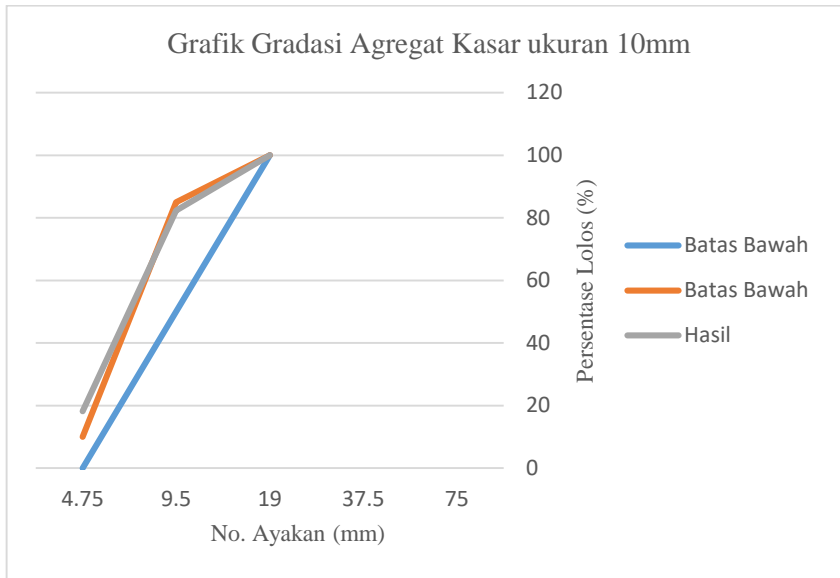
(Sumber : Hasil Pemeriksaan., 2020)

#### Perhitungan :

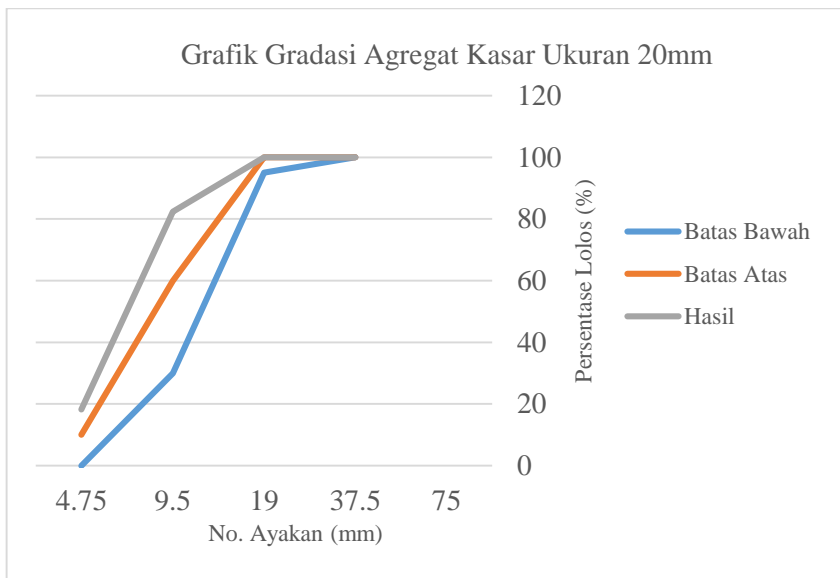
- Persentase Kumulatif Lolos = 100% - %Kumulatif Tertahan
  - Contoh perhitungan persentase kumulatif lolos pada saringan No.4  
 $= 100\% - \%Kumulatif\ Tertahan = 100\% - 81,76\% = 18,24\%$
- Persentase Pasir =  $\frac{\text{berat pasir tertinggal pada saringan}}{\text{berat pasir awal mula}} \times 100\%$ 
  - Contoh perhitungan persentase pasir pada saringan No.4  
 $= \frac{\text{berat pasir tertinggal pada saringan}}{\text{berat pasir awal mula}} \times 100\%$   
 $= \frac{6.411}{10.000} \times 100\% = 64,11\%$
- Modulus Kehalusan =  $\frac{\Sigma\text{Kumulatif Tertahan (tanpa pan)}}{100} = \frac{584,73}{100} = 5,84$

Dengan demikian, didapatkan nilai modulus kehalusan sebesar 5,84. Berdasarkan SII.0052 dalam Mulyono, T., 2004, batas modulus kehalusan agregat kasar yang diizinkan tidak boleh melebihi 6,0 hingga 7,1, sehingga dengan modulus kehalusan agregat kasar sebesar 5,84 belum memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan penyusun beton alir. Dengan demikian, maka harus dilakukan penggabungan dengan agregat kasar ukuran 10mm – 20mm agar memiliki modulus kehalusan yang telah memenuhi persyaratan.

Setelah melakukan perhitungan pada agregat kasar, langkah selanjutnya yaitu menentukan gradasi dari agregat kasar yang akan digunakan. Adapun gambar grafik gradasi agregat kasar adalah sebagai berikut.

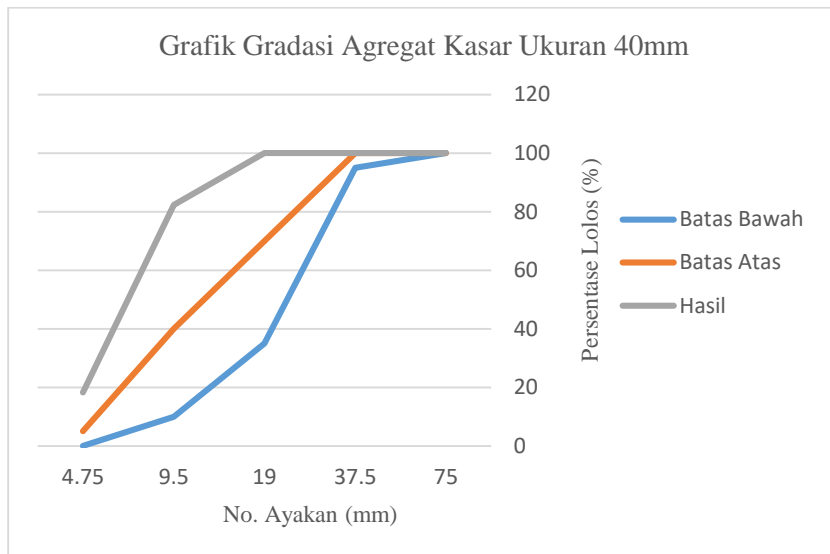


**Gambar 4.10 Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 10mm**  
(Sumber : Hasil Perhitungan., 2020)



**Gambar 4.11 Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 20mm**  
(Sumber : Hasil Perhitungan., 2020)





Gambar 4.12 Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 20mm  
(Sumber : Hasil Perhitungan., 2020)

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa agregat kasar yang akan digunakan termasuk dalam gradasi agregat kasar ukuran 10mm.

#### 4.5.2 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

Tabel 4.17 Hasil Data Berat Jenis Agregat Kasar

Pengujian No.	I
Berat keranjang (gr)	995gr
Berat keranjang + kerikil SSD (gr)	3.995gr
Berat keranjang + kerikil + air (gr)	2.705gr
Berat wadah + kerikil oven (gr)	3.210gr
Berat keranjang dalam air (gr)	860gr
Berat jenis kerikil	2,59

(Sumber : Hasil Pemeriksaan., 2020)

#### Perhitungan :

$$\text{Berat Jenis Agregat Kasar} = \frac{3.000}{3.000 - (2.705 - 860)} = 2,59$$

Dengan perhitungan diatas, didapatkan nilai berat jenis agregat kasar ukuran 5mm – 10mm sebesar 2,59

### 4.5.3 Pemeriksaan Resapan Agregat Kasar

Tabel 4.18 Hasil Data Resapan Agregat Kasar

Percobaan No.	I	II
Berat wadah (gr)	198gr	195gr
Berat wadah + kerikil SSD (gr)	1.198gr	1.195gr
Berat wadah + kerikil oven (gr)	1.158gr	1.153gr
Kadar air resapan (%)	4,166%	4,38%
Rata – Rata	4,273%	

(Sumber : Hasil Pemeriksaan., 2020)

#### Perhitungan :

- Kadar Air Resapan I =  $\frac{1000 - 960}{960} \times 100\% = 4,166\%$
- Kadar Air Resapan II =  $\frac{1000 - 958}{958} \times 100\% = 4,38\%$
- Rata – Rata Kadar Air Resapan =  $\frac{1.936\% + 1.522\%}{2} = 4,273\%$

Dengan perhitungan diatas, didapatkan nilai rata – rata resapan agregat kasar ukuran 5mm – 10mm sebesar 4,273%

### 4.5.4 Pemeriksaan Berat Volume Agregat Kasar

Tabel 4.19 Hasil Data Berat Volume Agregat Kasar

Percobaan No.	Tanpa Rojokan	Dengan Rojokan
	I	II
Berat silinder (gr)	3.730gr	3.730gr
D/H silinder (cm)	15cm / 15cm	15cm / 15cm
Volume silinder (cm <sup>3</sup> )	2.649.375cm <sup>3</sup>	2.649.375cm <sup>3</sup>
Berat silinder + kerikil (gr)	7.790gr	8.330gr
Berat kerikil (gr)	4.060gr	4.600gr
Berat / volume (gr/cm <sup>3</sup> )	1,532gr/cm <sup>3</sup>	1,736gr/cm <sup>3</sup>

(Sumber : Hasil Pemeriksaan., 2020)

#### Perhitungan :

- Berat Volume I (Tanpa Rojokan) =  $\frac{7.790 - 3.730}{2.649.375} = 1,532\text{gr/cm}^3$
- Berat Volume II (Dengan Rojokan) =  $\frac{8.330 - 3.730}{2.649.375} = 1,736\text{gr/cm}^3$

Dengan perhitungan diatas, didapatkan nilai berat volume agregat kasar ukuran 5mm – 10mm tanpa rojokan sebesar 1,532gr/cm<sup>3</sup> dan berat volume dengan rojokan sebesar 1,736gr/cm<sup>3</sup>

#### 4.5.5 Pemeriksaan Kelembaban Agregat Kasar

Tabel 4.20 Hasil Data Kelembaban Agregat Kasar

Percobaan No.	I	II
Berat tempat (gr)	198grg	195gr
Berat tempat + kerikil asli (gr)	1.198gr	1.195gr
Berat kerikil asli (gr)	1.000gr	1.000gr
Berat tempat + kerikil oven (gr)	1.185gr	1.180gr
Berat kerikil oven (gr)	987gr	985gr
Kelembaban (%)	1,317%	1,522%
Rata – Rata	1,419%	

(Sumber : Hasil Pemeriksaan., 2020)

##### Perhitungan :

- Kelembaban I =  $\frac{1000 - 987}{987} \times 100\% = 1,317\%$
- Kelembaban II =  $\frac{1000 - 985}{985} \times 100\% = 1,522\%$
- Rata – Rata Kelembaban Agregat Kasar =  $\frac{1,317\% + 1,522\%}{2} = 1,419\%$

Dengan perhitungan diatas, didapatkan nilai rata – rata kelembaban untuk agregat kasar ukuran 5mm – 10mm sebesar 1,419%

#### 4.5.6 Pemeriksaan Kebersihan Agregat Kasar terhadap Lumpur dengan Cara Kering

Tabel 4.21 Hasil Data Kebersihan Agregat Kasar terhadap Lumpur dengan Cara Kering

Percobaan No.	I
Berat wadah (gr)	151gr
Berat kerikil kering (gr)	1.000gr
Berat kerikil bersih kering (gr)	1.142gr
Kadar lumpur (%)	0,9%

(Sumber : Hasil Pemeriksaan., 2020)

##### Perhitungan :

- Kadar Lumpur =  $\frac{1.000 - 991}{1.000} \times 100\% = 0,9\%$

Dengan perhitungan diatas, didapatkan kadar lumpur untuk agregat kasar ukuran 5mm – 10mm sebesar 0,9%. Berdasarkan *ASTM C 33 – 03 : Standard Specification for Concrete Aggregate*, untuk jenis beton lainnya batas kadar lumpur yang diizinkan sebesar 1%, sehingga dengan kadar lumpur agregat kasar ukuran 5mm – 10mm sebesar 0,9% telah memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan penyusun beton alir.

#### 4.5.7 Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar

Tabel 4.22 Hasil Data Berat Jenis Agregat Kasar

Percobaan No.	I
Berat wadah (gr)	100gr
Berat kerikil sebelum abrasi (gr)	5.000gr
Berat kerikil tertahan ayakan no.12 (setelah abrasi) + wadah (gr)	2.744gr
Keausan (%)	47,12%

(Sumber : Hasil Pemeriksaan., 2020)

##### Perhitungan :

$$- \text{Keausan Agregat Kasar} = \frac{5000 - 2644}{5000} \times 100\% = 47,12\%$$

Dengan perhitungan diatas, didapatkan nilai keausan untuk agregat kasar ukuran 5mm – 10mm sebesar 47,12%. Berdasarkan *ASTM C131/C131M – 14 : Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine*, batas keausan agregat yang diizinkan harus kurang dari 50%, sehingga dengan keausan agregat sebesar 47,12% telah memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan penyusun beton alir

#### 4.6 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar Gabungan

Dalam penelitian yang dilakukan pada kali ini menggunakan dua jenis ukuran agregat kasar yang berbeda, oleh karena itu perlu dilakukan pencampuran dari kedua jenis agregat kasar tersebut agar dapat menghasilkan gradasi agregat kasar yang baik. Cara yang dapat dilakukan untuk melakukan pencampuran agar menghasilkan gradasi agregat kasar yang baik pada penelitian kali ini yaitu menggunakan cara *trial and error* dan kemudian melakukan *plotting* terhadap grafik gradasi agregat kasar ukuran 10mm – 20mm.

Berdasarkan hasil *trial and error* yang telah dilakukan, didapatkan persentase sebesar 75% agregat kasar ukuran 10mm – 20mm dan 25% agregat kasar ukuran 5mm – 10mm. Adapun hasil perhitungannya adalah sebagai berikut

Tabel 4.23 Analisa Saringan Agregat Kasar Gabungan

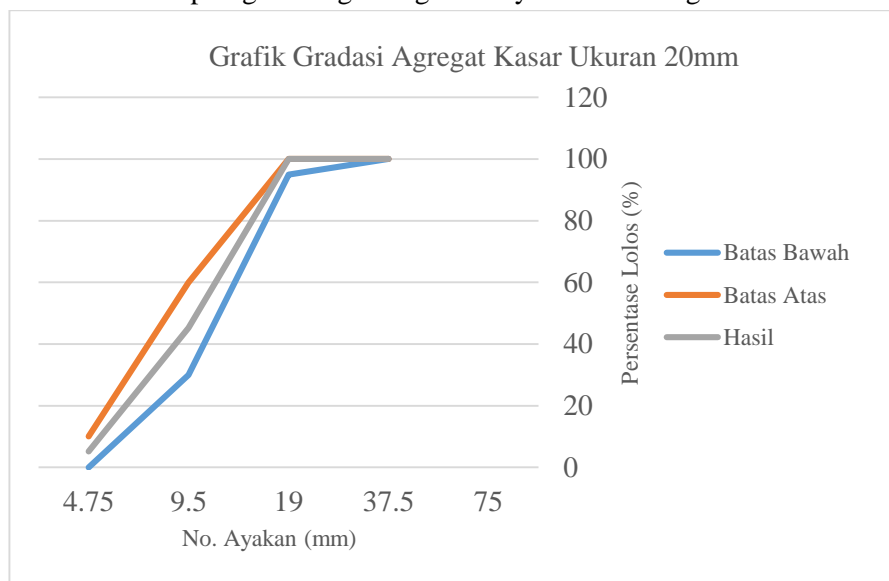
Ayakan (mm)	%Lolos Agregat Kasar		%Lolos Agregat Kasar Gabungan		Total
	10-20mm	5-10mm	75%	25%	
37.5mm	100	100	75	25	100

Tabel 4.23 Analisa Saringan Agregat Kasar Gabungan (Lanjutan)

Ayakan (mm)	%Lolos Agregat Kasar		%Lolos Agregat Kasar Gabungan		Total
	10-20mm	5-10mm	75%	25%	
19mm	100	100	75	25	100
9.5mm	32,8	82,35	24,6	20,58	45,18
4.75mm	0,78	18,24	0,585	4,56	5,145

(Sumber : Hasil Perhitungan., 2020)

Setelah melakukan perhitungan diatas, langkah selanjutnya yaitu melakukan *plotting* terhadap grafik gradasi agregat kasar ukuran 10mm – 20mm. Adapun gambar grafik gradasinya adalah sebagai berikut



Gambar 4.13 Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran 20mm (Gabungan)

(Sumber : Hasil Perhitungan., 2020)

Pada penelitian kali ini juga, dikarenakan modulus kehalusan agregat kasar ukuran 5mm – 10mm tidak memenuhi persyaratan, maka langkah yang dilakukan yaitu menggabungkan antara agregat kasar 5mm – 10mm dengan agregat kasar ukuran 10mm – 20mm agar memiliki nilai modulus kehalusan agregat kasar yang memenuhi persyaratan. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut

Tabel 4.24 Modulus Kehalusan Agregat Kasar Gabungan

Ayakan (mm)	%Tertahan Agregat Kasar		%Tertahan Agregat Kasar Gabungan		Total
	10-20mm	5-10mm	75%	25%	
37.5mm	0	0	0	0	0
19mm	0	0	0	0	0
9.5mm	67,20	17,65	50,4	4,412	54,812
4.76mm	99,22	81,76	74,415	20,44	94,855
2.36mm	99,52	92,87	74,64	23,217	97,857
1.38mm	99,72	97,62	74,79	24,405	99,195
0.60mm	99,77	98,01	74,827	24,502	99,330
0.30mm	99,77	98,29	74,827	24,572	99,400
0.15mm	99,77	98,53	74,827	24,632	99,460
Jumlah					644,91
Modulus Kehalusan	$\sum$ Kumulatif Tertahan/100				6,44

(Sumber : Hasil Perhitungan., 2020)

#### Perhitungan :

$$\text{Modulus Kehalusan} = \frac{\sum \text{Kumulatif Tertahan}}{100} = \frac{644,91}{100} = 6,44$$

Dengan demikian, didapatkan nilai modulus kehalusan agregat kasar gabungan sebesar 6,44. Berdasarkan SII.0052 dalam Mulyono, T., 2004, batas modulus kehalusan agregat kasar yang diizinkan tidak boleh melebihi 6,0 hingga 7,1, sehingga dengan modulus kehalusan agregat kasar gabungan sebesar 6,44 telah memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan penyusun beton alir.

## 4.7 Hasil Pemeriksaan Material Abu Ampas Tebu

### 4.7.1 Pengujian XRF Abu Ampas Tebu

Pengujian XRF merupakan pengujian yang dimaksudkan untuk mengetahui kandungan senyawa kimia yang terdapat dalam bahan abu ampas tebu yang akan digunakan dalam penelitian kali ini. Laboratorium yang digunakan untuk pengujian XRF yaitu Laboratorium Mineral dan Material Maju (Laboratorium Sentral) Universitas Negeri Malang Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Adapun kandungan senyawa kimia yang terdapat pada bahan abu ampas tebu yang akan digunakan adalah sebagai berikut

Tabel 4.25 Kandungan Senyawa Kimia Abu Ampas Tebu yang Digunakan

Komposisi	Persentase
SiO <sub>2</sub>	59,3%
K <sub>2</sub> O	19,4%
CaO	7,39%
SO <sub>3</sub>	5,5%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,4%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,14%
MoO <sub>3</sub>	1,0%
MnO	0,31%
ZnO	0,12%
Rb <sub>2</sub> O	0,11%
TiO <sub>2</sub>	0,086%
CuO	0,066%
BaO	0,06%
Re <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	0,06%
Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,04%

(Sumber : Penulis., 2020)

Berdasarkan tabel diatas, didapatkan kandungan senyawa silika oksida (SiO<sub>2</sub>) yang sangat tinggi yaitu sebesar 59,3%. Kandungan senyawa silika oksida (SiO<sub>2</sub>) ini didapatkan dari hasil pembakaran ampas tebu menjadi abu ampas tebu hingga mencapai warna ke abu – abuan. Dengan adanya kandungan silika oksida (SiO<sub>2</sub>) yang sangat tinggi ini maka dapat dimanfaatkan dalam pembuatan beton alir. Hal itu dikarenakan silika oksida (SiO<sub>2</sub>) yang terdapat dalam abu ampas tebu dapat mengikat senyawa kapur (Ca(OH)<sub>2</sub>) yang berasal dari reaksi hidrasi antara semen dan air yang kemudian membentuk senyawa kalsium – silikat – hidrat (C-S-H). Menurut (ACI 232.2R-96., 1996), senyawa C-S-H ini merupakan senyawa yang dapat mengikat bahan penyusun beton.

#### 4.7.2 Pemeriksaan Kelembaban Abu Ampas Tebu

Tabel 4.26 Hasil Data Kelembaban Abu Ampas Tebu

Percobaan No.	I	II
Berat tempat (gr)	184gr	193gr
Berat tempat + Sample (gr)	484gr	493gr
Berat Sample (gr)	300gr	300gr
Berat tempat + Sample oven (gr)	480gr	490gr

Tabel 4.26 Hasil Data Kelembaban Abu Ampas Tebu (Lanjutan)

Percobaan No.	I	II
Berat sample oven (gr)	296gr	297gr
Kelembaban (%)	1,351%	1,010%
Rata – Rata	1,180%	

(Sumber : Hasil Pemeriksaan., 2020)

**Perhitungan :**

- Kelembaban I =  $\frac{300 - 296}{296} \times 100\% = 1,351\%$
- Kelembaban II =  $\frac{300 - 297}{297} \times 100\% = 1,010\%$
- Rata – Rata Kelembaban Abu Ampas Tebu =  $\frac{1,351\% + 1,010\%}{2} = 1,180\%$

Dengan perhitungan diatas, didapatkan nilai rata – rata kelembaban untuk abu ampas tebu sebesar 1,180%.

#### 4.7.3 Pemeriksaan Berat Jenis Abu Ampas Tebu

Tabel 4.27 Hasil Data Berat Jenis Abu Ampas Tebu

Pengujian	I	II
Berat Wadah (gr)	65gr	65gr
Berat Sample (gr) (W1)	50gr	50gr
Berat Labu Ukur (gr)	322gr	322gr
Berat Labu Ukur + Air (gr) (W2)	713gr	714gr
Berat Labu Ukur + Air + Sample (gr) (W3)	737gr	739gr
Berat Jenis	1,92	2,0
Rata – Rata	1,96	

(Sumber : Hasil Perhitungan., 2020)

**Perhitungan :**

- Rumus Berat Jenis =  $\frac{W1}{(W1 + W2) - W3} \times \text{Berat Jenis Air}$
- Berat Jenis I =  $\frac{50}{(50 + 713) - 737} \times 1,0 = 1,92$
  - Berat Jenis II =  $\frac{50}{(50 + 714) - 739} \times 1,0 = 2,0$
  - Rata – Rata Berat Jenis =  $\frac{1,92 + 2,0}{2} = 1,96$

Dengan perhitungan diatas, didapatkan nilai rata – rata berat jenis untuk abu ampas tebu sebesar 1,96



#### 4.8 Perencanaan Rencana Campuran (*Mix Desain*) Beton Alir

Berikut merupakan perhitungan dari rencana campuran (*Mix Desain*) dari beton alir.

- Menentukan nilai rasio w/p

Berdasarkan pada batasan masalah yang terdapat pada BAB I, nilai rasio w/p sudah ditentukan sebesar 0,45. Penggunaan nilai rasio w/p sebesar 0,45 diharapkan nantinya dapat memiliki nilai workabilitas yang memuaskan dan nilai kuat tekan pada beton alir dengan nilai kuat tekan yang tinggi.

- Menentukan perkiraan nilai kadar air bebas

Tabel 4.28 Perkiraan Nilai Kadar Air Bebas

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis Agregat	---	---	---	---
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

(Sumber : SNI 03 – 2834 – 2000., 2000)

Perhitungan perkiraan nilai kadar air bebas menggunakan referensi pada tabel yang terdapat diatas. Pada tabel tersebut, kemudian pilih sesuai dengan ukuran besar dari agregat maksimum yang digunakan dan nilai slump yang diinginkan. Pada kasus ini, ukuran besar agregat maksimum yaitu sebesar 20mm. Adapun perhitungan nilai kadar air bebas adalah sebagai berikut

$$\text{Kadar Air Bebas} = (2/3)(\text{batu tak dipecahkan}) + (1/3)(\text{batu pecah})$$

$$\text{Kadar Air Bebas} = [(2/3)(195)] + [(1/3)(225)]$$

$$\text{Kadar Air Bebas} = 130 + 75 = 205\text{kg/m}^3$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan perkiraan nilai kadar air bebas sebesar 205kg/m<sup>3</sup>.

- Menentukan jumlah semen, abu ampas tebu, *cementitious* dan *superplasticizer* yang akan digunakan

Perhitungan menentukan jumlah semen dapat menggunakan persamaan nilai rasio w/p yang telah ditentukan. Adapun rumus dan perhitungannya adalah sebagai berikut

- Rumus menentukan jumlah semen Portland

$$\text{Kebutuhan Semen Portland} = \frac{(100 - p) \times w}{(100 - 0,7P) \left( \frac{w}{C + 0,3F} \right)}$$

Dimana :

P : Persentase Abu Ampas Tebu yang digunakan

$\frac{w}{C + 0,3F}$  : Nilai w/p yang sudah ditentukan pada BAB I

W : Kadar Air Bebas

- Jumlah kebutuhan semen persentase abu ampas tebu 0%

$$\text{Kebutuhan Semen Portland} = \frac{(100 - p) \times w}{(100 - 0,7P) \left( \frac{w}{C + 0,3F} \right)}$$

$$\text{Kebutuhan Semen Portland} = \frac{(100 - 0) \times 205}{(100 - 0,7 \times 0)(0,45)}$$

$$\text{Kebutuhan Semen Portland} = \frac{100 \times 205}{100 \times 0,45} = 455,55 \text{kg/m}^3$$

- Jumlah kebutuhan semen persentase abu ampas tebu 2,5%

$$\text{Kebutuhan Semen Portland} = \frac{(100 - p) \times w}{(100 - 0,7P) \left( \frac{w}{C + 0,3F} \right)}$$

$$\text{Kebutuhan Semen Portland} = \frac{(100 - 2,5) \times 205}{(100 - 0,7 \times 2,5)(0,45)}$$

$$\text{Kebutuhan Semen Portland} = \frac{97,5 \times 205}{98,25 \times 0,45} = 452,078 \text{kg/m}^3$$

- Jumlah kebutuhan semen persentase abu ampas tebu 5%

$$\text{Kebutuhan Semen Portland} = \frac{(100 - p) \times w}{(100 - 0,7P) \left( \frac{w}{C + 0,3F} \right)}$$

$$\text{Kebutuhan Semen Portland} = \frac{(100 - 5) \times 205}{(100 - 0,7 \times 5)(0,45)}$$

$$\text{Kebutuhan Semen Portland} = \frac{95 \times 205}{96,5 \times 0,45} = 448,474 \text{kg/m}^3$$

- Jumlah kebutuhan semen persentase abu ampas tebu 7,5%

$$\text{Kebutuhan Semen Portland} = \frac{(100 - p) \times w}{(100 - 0,7P) \left( \frac{w}{C + 0,3F} \right)}$$

$$\text{Kebutuhan Semen Portland} = \frac{(100 - 7,5) \times 205}{(100 - 0,7 \times 7,5)(0,45)}$$

$$\text{Kebutuhan Semen Portland} = \frac{92,5 \times 205}{94,75 \times 0,45} = 444,737 \text{kg/m}^3$$

- Jumlah kebutuhan semen persentase abu ampas tebu 10%

$$\text{Kebutuhan Semen Portland} = \frac{(100 - p) \times w}{(100 - 0,7P) \left( \frac{w}{C + 0,3F} \right)}$$

$$\text{Kebutuhan Semen Portland} = \frac{(100 - 10) \times 205}{(100 - 0,7 \times 10)(0,45)}$$

$$\text{Kebutuhan Semen Portland} = \frac{90 \times 205}{93 \times 0,45} = 440,860 \text{kg/m}^3$$

- Jumlah kebutuhan abu ampas tebu

Abu ampas tebu merupakan bahan yang akan digunakan sebagai substitusi parsial semen pada beton alir, sehingga perhitungan jumlah kebutuhan abu ampas tebu yang digunakan berdasarkan perhitungan jumlah semen yang telah didapatkan pada tahap sebelumnya. Adapun rumus dan perhitungan jumlah kebutuhan abu ampas tebu yang digunakan adalah sebagai berikut

- Rumus menentukan jumlah kebutuhan abu ampas tebu

$$\text{Kebutuhan Abu Ampas Tebu} = \frac{p \times c}{100 - p}$$

Dimana :

P : Persentase Abu Ampas Tebu

C : Semen yang akan digunakan

- Kebutuhan Abu Ampas Tebu 0%

$$\text{Kebutuhan Abu Ampas} = \frac{0 \times 455,55}{100 - 0}$$

$$\text{Kebutuhan Abu Ampas} = \frac{0}{100} = 0$$

- Kebutuhan Abu Ampas Tebu 2,5%

$$\text{Kebutuhan Abu Ampas} = \frac{2,5 \times 452,078}{100 - 2,5}$$

$$\text{Kebutuhan Abu Ampas} = \frac{1130,195}{97,5} = 11,591 \text{kg/m}^3$$

- Kebutuhan Abu Ampas Tebu 5%

$$\text{Kebutuhan Abu Ampas} = \frac{5 \times 448,474}{100 - 5}$$

$$\text{Kebutuhan Abu Ampas} = \frac{2242,37}{95} = 23,603 \text{kg/m}^3$$

- Kebutuhan Abu Ampas Tebu 7,5%  

$$\text{Kebutuhan Abu Ampas} = \frac{7,5 \times 444,737}{100 - 7,5}$$

$$\text{Kebutuhan Abu Ampas} = \frac{3335,527}{92,5} = 36,059\text{kg/m}^3$$

- Kebutuhan Abu Ampas Tebu 10%  

$$\text{Kebutuhan Abu Ampas} = \frac{10 \times 440,860}{100 - 10}$$

$$\text{Kebutuhan Abu Ampas} = \frac{4408,6}{90} = 48,984\text{kg/m}^3$$

- Jumlah kebutuhan *cementitious*

*Cementitious* merupakan penjumlahan antara berat semen dan berat abu ampas tebu yang telah diperhitungkan sebelumnya.

Adapun perhitungan untuk menentukan jumlah *cementitious* adalah sebagai berikut

- (Semen + AAT) 0% =  $455,55 + 0 = 455,55\text{kg/m}^3$
- (Semen + AAT) 2,5% =  $452,078 + 11,591 = 463,669\text{kg/m}^3$
- (Semen + AAT) 5% =  $448,474 + 23,603 = 472,077\text{kg/m}^3$
- (Semen + AAT) 7,5% =  $444,737 + 36,059 = 480,796\text{kg/m}^3$
- (Semen + AAT) 10% =  $440,860 + 48,984 = 489,844\text{kg/m}^3$

- Jumlah kebutuhan *superplasticizer*

Berdasarkan batasan masalah yang terdapat pada BAB I, *superplasticizer* yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 1,5% dari berat *cementitious*. Perhitungan jumlah kebutuhan *superplasticizer* yang digunakan berdasarkan perhitungan jumlah *cementitious* yang telah didapatkan pada tahap sebelumnya. Adapun perhitungan jumlah kebutuhan *superplasticizer* yang digunakan adalah sebagai berikut.

- *Superplasticizer cementitious* 0% =  $1,5\% \times 455,55 = 6,833\text{kg/m}^3$
- *Superplasticizer cementitious* 2,5% =  $1,5\% \times 463,669 = 6,955\text{kg/m}^3$
- *Superplasticizer cementitious* 5% =  $1,5\% \times 472,077 = 7,081\text{kg/m}^3$
- *Superplasticizer cementitious* 7,5% =  $1,5\% \times 480,796 = 7,211\text{kg/m}^3$
- *Superplasticizer cementitious* 10% =  $1,5\% \times 489,844 = 7,347\text{kg/m}^3$

- Menentukan berat jenis relatif beton

Perhitungan untuk menentukan berat jenis relatif beton memerlukan beberapa data seperti berat jenis agregat dan persentase agregat yang akan

digunakan. Berdasarkan pada batasan masalah yang terdapat pada BAB I, persentase agregat yang digunakan sebesar 52% untuk agregat halus dan 48% untuk agregat kasar. Berdasarkan pemeriksaan material agregat yang telah dilakukan, didapatkan hasil berat jenis agregat yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.29 Hasil Pengujian Berat Jenis

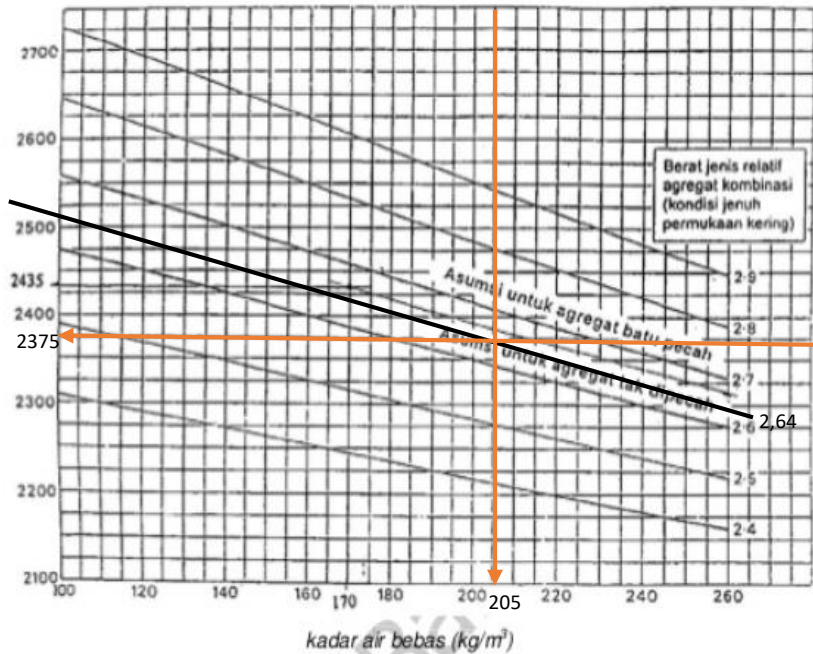
No.	Hasil Pemeriksaan	Agregat Halus	Agregat Kasar (5 – 10)	25%	Agregat Kasar (10 – 20)	75%
1.	Berat Jenis SSD	2,63	2,59	0,647	2,714	2,035
2.	Total	2,63	2,682			

(Sumber : Hasil Perhitungan., 2020)

Setelah mendapatkan data berat jenis dan persentase agregat yang akan digunakan, selanjutnya yaitu melakukan perhitungan antara berat jenis agregat dengan persentase agregat. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Berat jenis SSD pasir} \times \% \text{Pasir}) + (\text{Berat jenis SSD kerikil} \times \% \text{kerikil}) \\
 &= (2,63 \times 52\%) + (2,682 \times 48\%) \\
 &= 1,36 + 1,28 = 2.64
 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan hasil dari perhitungan berat jenis dan persentase agregat, langkah selanjutnya yaitu melakukan *plotting* pada gambar dibawah untuk menentukan nilai dari berat jenis relatif beton. Adapun gambar *plotting* nya adalah sebagai berikut



Gambar 4.14 Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang telah Selesai Didapatkan  
(Sumber : SNI 03 – 2834 – 2000., 2000)

Berdasarkan gambar plotting diatas, didapatkan nilai berat jenis relatif beton sebesar  $2375 \text{ kg/m}^3$ .

- Menentukan jumlah total agregat dalam beton alir
  - Berikut merupakan perhitungan untuk menentukan jumlah total agregat dalam beton alir
  - Total agregat dalam Abu Ampas Tebu 0%
    - = berat jenis relatif beton – semen – abu ampas tebu – *superplasticizer* – kadar air bebas
    - =  $2375 - 455,55 - 0 - 6,833 - 205$
    - =  $1707,617 \text{ kg/m}^3$
  - Total agregat dalam Abu Ampas Tebu 2,5%
    - = berat jenis relatif beton – semen – abu ampas tebu – *superplasticizer* – kadar air bebas
    - =  $2375 - 452,078 - 11,591 - 6,955 - 205$
    - =  $1699,376 \text{ kg/m}^3$

- Total agregat dalam Abu Ampas Tebu 5%
  - = berat jenis relatif beton – semen – abu ampas tebu – *superplasticizer* – kadar air bebas
  - =  $2375 - 448,474 - 23,603 - 7,081 - 205$
  - =  $1690,842\text{kg/m}^3$
- Total agregat dalam Abu Ampas Tebu 7,5%
  - = berat jenis relatif beton – semen – abu ampas tebu – *superplasticizer* – kadar air bebas
  - =  $2375 - 444,737 - 36,059 - 7,211 - 205$
  - =  $1681,993\text{kg/m}^3$
- Total agregat dalam Abu Ampas Tebu 10%
  - = berat jenis relatif beton – semen – abu ampas tebu – *superplasticizer* – kadar air bebas
  - =  $2375 - 440,860 - 48,984 - 7,347 - 205$
  - =  $1672,809\text{kg/m}^3$
- Menentukan kebutuhan agregat kasar dan agregat halus
  - Berikut merupakan perhitungan kebutuhan agregat halus dan agregat kasar
  - Kebutuhan agregat halus dan agregat kasar dalam abu ampas tebu 0%
    - Agregat Halus
      - Agregat halus = persentase agregat halus x jumlah total agregat
      - Agregat halus =  $52\% \times 1707,617 = 887,960\text{kg/m}^3$
    - Agregat Kasar
      - Agregat kasar = persentase agregat kasar x jumlah total agregat
      - Agregat kasar =  $48\% \times 1707,617 = 819,656\text{kg/m}^3$
      - Agregat Kasar (Uk. 5 – 10) =  $25\% \times 819,656 = 204,914\text{kg/m}^3$
      - Agregat Kasar (Uk. 10 – 20) =  $75\% \times 819,656 = 614,742\text{kg/m}^3$
  - Kebutuhan agregat halus dan agregat kasar dalam abu ampas tebu 2,5%
    - Agregat Halus
      - Agregat halus = persentase agregat halus x jumlah total agregat
      - Agregat halus =  $52\% \times 1699,376 = 883,675\text{kg/m}^3$
    - Agregat Kasar
      - Agregat kasar = persentase agregat kasar x jumlah total agregat

- Agregat kasar =  $48\% \times 1699,376 = 815,700\text{kg/m}^3$
- Agregat Kasar (Uk. 5 – 10) =  $25\% \times 815,700 = 203,925\text{kg/m}^3$
  - Agregat Kasar (Uk. 10 – 20) =  $75\% \times 815,700 = 611,775\text{kg/m}^3$
- Kebutuhan agregat halus dan agregat kasar dalam abu ampas tebu 5%
    - Agregat Halus
 

Agregat halus = persentase agregat halus x jumlah total agregat

Agregat halus =  $52\% \times 1690,842 = 879,237\text{kg/m}^3$
    - Agregat Kasar
 

Agregat kasar = persentase agregat kasar x jumlah total agregat

Agregat kasar =  $48\% \times 1690,842 = 811,604\text{kg/m}^3$

      - Agregat Kasar (Uk. 5 – 10) =  $25\% \times 811,604 = 202,901\text{kg/m}^3$
      - Agregat Kasar (Uk. 10 – 20) =  $75\% \times 811,604 = 608,703\text{kg/m}^3$
  - Kebutuhan agregat halus dan agregat kasar dalam abu ampas tebu 7,5%
    - Agregat Halus
 

Agregat halus = persentase agregat halus x jumlah total agregat

Agregat halus =  $52\% \times 1681,993 = 874,636\text{kg/m}^3$
    - Agregat Kasar
 

Agregat kasar = persentase agregat kasar x jumlah total agregat

Agregat kasar =  $48\% \times 1681,993 = 807,356\text{kg/m}^3$

      - Agregat Kasar (Uk. 5 – 10) =  $25\% \times 807,356 = 201,839\text{kg/m}^3$
      - Agregat Kasar (Uk. 10 – 20) =  $75\% \times 807,356 = 605,517\text{kg/m}^3$
  - Kebutuhan agregat halus dan agregat kasar dalam abu ampas tebu 10%
    - Agregat Halus
 

Agregat halus = persentase agregat halus x jumlah total agregat

Agregat halus =  $52\% \times 1672,809 = 869,860\text{kg/m}^3$
    - Agregat Kasar
 

Agregat kasar = persentase agregat kasar x jumlah total agregat

Agregat kasar =  $48\% \times 1672,809 = 802,948\text{kg/m}^3$

      - Agregat Kasar (Uk. 5 – 10) =  $25\% \times 802,948 = 200,737\text{kg/m}^3$
      - Agregat Kasar (Uk. 10 – 20) =  $75\% \times 802,948 = 602,211\text{kg/m}^3$
  - Melakukan koreksi proporsi campuran
 

Pada saat melakukan koreksi proporsi campuran, dibutuhkan berupa data resapan dan kelembaban dari agregat yang akan digunakan. Adapun



data dari resapan dan kelembaban dari agregat tersebut adalah sebagai berikut

Tabel 4.30 Hasil Pengujian Resapan dan Kelembaban Agregat

No.	Hasil Pemeriksaan	Agregat Halus	Agregat Kasar (Uk. 5mm – 10mm)	Agregat Kasar (Uk. 10mm – 20mm)
1.	Resapan	1,935%	4,273%	1,729%
2.	Kelembaban	5,37%	1,419%	2,038%

(Sumber : Hasil Perhitungan., 2020)

Berdasarkan data diatas, didapatkan nilai resapan agregat halus sebesar 1,935% dan kelembaban agregat halus sebesar 5,37%, nilai resapan agregat kasar (Uk. 5mm – 10mm) sebesar 4,273% dan kelembaban agregat kasar (Uk. 5mm – 10mm) sebesar 1,419%, dan juga nilai resapan agregat kasar (Uk. 10mm – 20mm) sebesar 1,729% dan kelembaban agregat kasar (Uk. 10mm – 20mm) sebesar 2,038%. Adapun perhitungan koreksi proporsi campuran adalah sebagai berikut

- **Abu Ampas Tebu 0%**

- Koreksi Agregat Kasar (Uk. 5mm – 10mm)
  - = (Berat SSD agregat kasar/100)(Resapan – Kelembaban)
  - =  $(204,914/100)(4,273 - 1,419)$
  - =  $2,04 \times 2,854 = 5,822$
- Koreksi Agregat Kasar (Uk. 10mm – 20mm)
  - = (Berat SSD agregat kasar/100)(Kelembaban – Resapan)
  - =  $(614,742/100)(2,038 - 1,729)$
  - =  $6,147 \times 0,309 = 1,899$
- Koreksi Agregat Halus
  - = (Berat SSD agregat halus/100)(Kelembaban – Resapan)
  - =  $(887,960/100)(5,37 - 1,935)$
  - =  $8,87 \times 3,435 = 30,468$
- Material Agregat Kasar Asli (Uk. 5mm – 10mm) setelah koreksi
  - =  $204,914 - 5,822 = 199,092\text{kg/m}^3$
- Material Agregat Kasar Asli (Uk. 10mm – 20mm) setelah koreksi
  - =  $614,742 + 1,899 = 616,619\text{kg/m}^3$

- Material Agregat Halus Asli (setelah koreksi)  
=  $887,960 + 30,468 = 918,428\text{kg/m}^3$
- Material Air (setelah dikoreksi)  
=  $205 - 30,468 - 1,899 + 5,822 = 178,275\text{kg/m}^3$

Berdasarkan perhitungan diatas, akan disediakan tabel proporsi campuran pada beton alir persentase abu ampas tebu 0% sebelum dan sesudah dilakukan koreksi. Adapun tabelnya adalah sebagai berikut

Tabel 4.31 Proposi Material Terkoreksi Beton Alir Persentase AAT 0%

Material	Sebelum Koreksi (Kg/m <sup>3</sup> )	Setelah Koreksi (Kg/m <sup>3</sup> )
Semen	455,55kg/m <sup>3</sup>	455,55kg/m <sup>3</sup>
Air	205kg/m <sup>3</sup>	178,275kg/m <sup>3</sup>
Agregat Kasar (Uk. 5mm – 10mm)	204,914kg/m <sup>3</sup>	199,092kg/m <sup>3</sup>
Agregat Kasar (Uk. 10mm – 20mm)	614,742kg/m <sup>3</sup>	616,619kg/m <sup>3</sup>
Agregat Halus	887,960kg/m <sup>3</sup>	918,428kg/m <sup>3</sup>
<i>Superplasticizer</i>	6,833kg/m <sup>3</sup>	6,833kg/m <sup>3</sup>
Abu Ampas Tebu 0%	0	0

(Sumber : Hasil Perhitungan., 2020)

- **Abu Ampas Tebu 2,5%**
  - Koreksi Agregat Kasar (Uk. 5mm – 10mm)  
= (Berat SSD agregat kasar/100)(Resapan – Kelembaban)  
=  $(203,925/100)(4,273 - 1,419)$   
=  $2,03 \times 2,854 = 5,793$
  - Koreksi Agregat Kasar (Uk. 10mm – 20mm)  
= (Berat SSD agregat kasar/100)(Kelembaban – Resapan)  
=  $(611,775/100)(2,038 - 1,729)$   
=  $6,11 \times 0,309 = 1,887$
  - Koreksi Agregat Halus  
= (Berat SSD agregat halus/100)(Kelembaban – Resapan)  
=  $(883,675/100)(5,37 - 1,935)$   
=  $8,83 \times 3,435 = 30,331$

- Material Agregat Kasar Asli (Uk. 5mm – 10mm) setelah koreksi  
=  $203,925 - 5,793 = 198,132\text{kg/m}^3$
- Material Agregat Kasar Asli (Uk. 10mm – 20mm) setelah koreksi  
=  $611,775 + 1,887 = 613,662\text{kg/m}^3$
- Material Agregat Halus Asli (setelah koreksi)  
=  $883,675 + 30,331 = 914,006\text{kg/m}^3$
- Material Air (setelah dikoreksi)  
=  $205 - 30,331 - 1,887 + 5,793 = 178,575\text{kg/m}^3$

Berdasarkan perhitungan diatas, akan disediakan tabel proporsi campuran pada beton alir persentase abu ampas tebu 2,5% sebelum dan sesudah dilakukan koreksi. Adapun tabelnya adalah sebagai berikut

Tabel 4.32 Proposi Material Terkoreksi Beton Alir Persentase AAT 2,5%

Material	Sebelum Koreksi (Kg/m <sup>3</sup> )	Setelah Koreksi (Kg/m <sup>3</sup> )
Semen	452,078kg/m <sup>3</sup>	452,078kg/m <sup>3</sup>
Air	205kg/m <sup>3</sup>	178,575kg/m <sup>3</sup>
Agregat Kasar (Uk. 5mm – 10mm)	203,925kg/m <sup>3</sup>	198,132kg/m <sup>3</sup>
Agregat Kasar (Uk. 10mm – 20mm)	611,775kg/m <sup>3</sup>	613,662kg/m <sup>3</sup>
Agregat Halus	883,675kg/m <sup>3</sup>	914,006kg/m <sup>3</sup>
<i>Superplasticizer</i>	6,955kg/m <sup>3</sup>	6,955kg/m <sup>3</sup>
Abu Ampas Tebu 2,5%	11,591kg/m <sup>3</sup>	11,591kg/m <sup>3</sup>

(Sumber : Hasil Perhitungan., 2020)

- **Abu Ampas Tebu 5%**
  - Koreksi Agregat Kasar (Uk. 5mm – 10mm)  
= (Berat SSD agregat kasar/100)(Resapan – Kelembaban)  
=  $(202,901/100)(4,273 - 1,419)$   
=  $2,02 \times 2,854 = 5,765$
  - Koreksi Agregat Kasar (Uk. 10mm – 20mm)  
= (Berat SSD agregat kasar/100)(Kelembaban – Resapan)  
=  $(608,703/100)(2,038 - 1,729) = 6,08 \times 0,309 = 1,878$

- Koreksi Agregat Halus  
 $= (\text{Berat SSD agregat halus}/100)(\text{Kelembaban} - \text{Resapan})$   
 $= (879,237/100)(5,37 - 1,935)$   
 $= 8,79 \times 3,435 = 30,193$
- Material Agregat Kasar Asli (Uk. 5mm – 10mm) setelah koreksi  
 $= 202,901 - 5,765 = 197,136\text{kg/m}^3$
- Material Agregat Kasar Asli (Uk. 10mm – 20mm) setelah koreksi  
 $= 608,703 + 1,878 = 610,581\text{kg/m}^3$
- Material Agregat Halus Asli (setelah koreksi)  
 $= 879,237 + 30,193 = 909,430\text{kg/m}^3$
- Material Air (setelah dikoreksi)  
 $= 205 - 30,193 - 1,878 + 5,765 = 178,694\text{kg/m}^3$

Berdasarkan perhitungan diatas, akan disediakan tabel proporsi campuran pada beton alir persentase abu ampas tebu 5% sebelum dan sesudah dilakukan koreksi. Adapun tabelnya adalah sebagai berikut

Tabel 4.33 Proposi Material Terkoreksi Beton Alir Persentase AAT 5%

Material	Sebelum Koreksi (Kg/m <sup>3</sup> )	Setelah Koreksi (Kg/m <sup>3</sup> )
Semen	448,474kg/m <sup>3</sup>	448,474kg/m <sup>3</sup>
Air	205kg/m <sup>3</sup>	178,694kg/m <sup>3</sup>
Agregat Kasar (Uk. 5mm – 10mm)	202,901kg/m <sup>3</sup>	197,136kg/m <sup>3</sup>
Agregat Kasar (Uk. 10mm – 20mm)	608,703kg/m <sup>3</sup>	610,581kg/m <sup>3</sup>
Agregat Halus	879,237kg/m <sup>3</sup>	909,430kg/m <sup>3</sup>
<i>Superplasticizer</i>	7,081kg/m <sup>3</sup>	7,081kg/m <sup>3</sup>
Abu Ampas Tebu 5%	23,603kg/m <sup>3</sup>	23,603kg/m <sup>3</sup>

(Sumber : Hasil Perhitungan., 2020)

- **Abu Ampas Tebu 7,5%**
  - Koreksi Agregat Kasar (Uk. 5mm – 10mm)  
 $= (\text{Berat SSD agregat kasar}/100)(\text{Resapan} - \text{Kelembaban})$   
 $= (201,839/100)(4,273 - 1,419)$   
 $= 2,01 \times 2,854 = 5,736$

- Koreksi Agregat Kasar (Uk. 10mm – 20mm)  
 = (Berat SSD agregat kasar/100)(Kelembaban – Resapan)  
 = (605,517/100)(2,038 – 1,729)  
 = 6,05 x 0,309 = 1,869
- Koreksi Agregat Halus  
 = (Berat SSD agregat halus/100)(Kelembaban – Resapan)  
 = (874,636/100)(5,37 – 1,935)  
 = 8,74 x 3,435 = 30,021
- Material Agregat Kasar Asli (Uk. 5mm – 10mm) setelah koreksi  
 = 201,839 – 5,736 = 196,103kg/m<sup>3</sup>
- Material Agregat Kasar Asli (Uk. 10mm – 20mm) setelah koreksi  
 = 605,517 + 1,869 = 607,386kg/m<sup>3</sup>
- Material Agregat Halus Asli (setelah koreksi)  
 = 874,636 + 30,021 = 904,657kg/m<sup>3</sup>
- Material Air (setelah dikoreksi)  
 = 205 – 30,021 – 1,869 + 5,736 = 178,846kg/m<sup>3</sup>

Berdasarkan perhitungan diatas, akan disediakan tabel proporsi campuran pada beton alir persentase abu ampas tebu 7,5% sebelum dan sesudah dilakukan koreksi. Adapun tabelnya adalah sebagai berikut

Tabel 4.34 Proposi Material Terkoreksi Beton Alir Persentase AAT 7,5%

Material	Sebelum Koreksi (Kg/m <sup>3</sup> )	Setelah Koreksi (Kg/m <sup>3</sup> )
Semen	444,737kg/m <sup>3</sup>	444,737kg/m <sup>3</sup>
Air	205kg/m <sup>3</sup>	178,846kg/m <sup>3</sup>
Agregat Kasar (Uk. 5mm – 10mm)	201,839kg/m <sup>3</sup>	196,103kg/m <sup>3</sup>
Agregat Kasar (Uk. 10mm – 20mm)	605,517kg/m <sup>3</sup>	607,386kg/m <sup>3</sup>
Agregat Halus	874,636kg/m <sup>3</sup>	904,657kg/m <sup>3</sup>
<i>Superplasticizer</i>	7,211kg/m <sup>3</sup>	7,211kg/m <sup>3</sup>
Abu Ampas Tebu 7,5%	36,059kg/m <sup>3</sup>	36,059kg/m <sup>3</sup>

(Sumber : Hasil Perhitungan., 2020)

- **Abu Ampas Tebu 10%**
  - Koreksi Agregat Kasar (Uk. 5mm – 10mm)
    - = (Berat SSD agregat kasar/100)(Resapan – Kelembaban)
    - =  $(200,737/100)(4,273 - 1,419)$
    - =  $2,00 \times 2,854 = 5,708$
  - Koreksi Agregat Kasar (Uk. 10mm – 20mm)
    - = (Berat SSD agregat kasar/100)(Kelembaban – Resapan)
    - =  $(602,211/100)(2,038 - 1,729)$
    - =  $6,02 \times 0,309 = 1,860$
  - Koreksi Agregat Halus
    - = (Berat SSD agregat halus/100)(Kelembaban – Resapan)
    - =  $(869,860/100)(5,37 - 1,935)$
    - =  $8,69 \times 3,435 = 29,850$
  - Material Agregat Kasar Asli (Uk. 5mm – 10mm) setelah koreksi
    - =  $200,737 - 5,708 = 195,029\text{kg/m}^3$
  - Material Agregat Kasar Asli (Uk. 10mm – 20mm) setelah koreksi
    - =  $602,211 + 1,860 = 604,071\text{kg/m}^3$
  - Material Agregat Halus Asli (setelah koreksi)
    - =  $869,860 + 29,850 = 899,710\text{kg/m}^3$
  - Material Air (setelah dikoreksi)
    - =  $205 - 29,850 - 1,860 + 5,708 = 178,998\text{kg/m}^3$

Berdasarkan perhitungan diatas, akan disediakan tabel proporsi campuran pada beton alir persentase abu ampas tebu 10% sebelum dan sesudah dilakukan koreksi. Adapun tabelnya adalah sebagai berikut

Tabel 4.35 Proposi Material Terkoreksi Beton Alir Persentase AAT 10%

Material	Sebelum Koreksi (Kg/m <sup>3</sup> )	Setelah Koreksi (Kg/m <sup>3</sup> )
Semen	440,860kg/m <sup>3</sup>	440,860kg/m <sup>3</sup>
Air	205kg/m <sup>3</sup>	178,998kg/m <sup>3</sup>
Agregat Kasar (Uk. 5mm – 10mm)	200,737kg/m <sup>3</sup>	195,029kg/m <sup>3</sup>
Agregat Kasar (Uk. 10mm – 20mm)	602,211kg/m <sup>3</sup>	604,071kg/m <sup>3</sup>

Tabel 4.35 Proposi Material Terkoreksi Beton Alir Persentase AAT 10% (Lanjutan)

Material	Sebelum Koreksi (Kg/m <sup>3</sup> )	Setelah Koreksi (Kg/m <sup>3</sup> )
Agregat Halus	869,860kg/m <sup>3</sup>	899,710kg/m <sup>3</sup>
<i>Superplasticizer</i>	7,347kg/m <sup>3</sup>	7,347kg/m <sup>3</sup>
Abu Ampas Tebu 10%	48,984kg/m <sup>3</sup>	48,984kg/m <sup>3</sup>

(Sumber : Hasil Perhitungan., 2020)

Berdasarkan Tabel 2.6 Komposisi Bahan Penyusun Beton Alir sesuai *EFNARC*; hal 20, komposisi yang akan digunakan untuk menyusun beton alir menggunakan substitusi parsial abu ampas tebu mulai dari persentase 0% hingga 10% telah memenuhi persyaratan. Memenuhi persyaratan yang dimaksud adalah bahan yang akan digunakan untuk menyusun beton alir menggunakan substitusi parsial abu ampas tebu sudah termasuk kedalam range yang telah ditentukan pada Tabel 2.6 Komposisi Bahan Penyusun Beton Alir sesuai *EFNARC*; hal 20. Oleh karena itu, dengan komposisi bahan penyusun diatas dapat digunakan untuk melakukan pembuatan beton alir.

- Menentukan jumlah proporsi aktual campuran

Perhitungan untuk menentukan jumlah proporsi aktual campuran menggunakan rumus sebagai berikut

$$B = V \times A \times \text{Jumlah Benda Uji} \times F_s$$

Dimana :

B = Proporsi aktual campuran

V = Volume benda uji yang digunakan

F<sub>s</sub> = Faktor keamanan

Adapun perhitungan jumlah proporsi aktual campuran adalah sebagai berikut

- a. Benda uji silinder 15cm x 30cm

- Volume benda uji =  $\pi \times r^2 \times t$

$$\text{Volume benda uji} = 3,14 \times 7,5^2 \times 30$$

$$\text{Volume benda uji} = 5298,75\text{cm}^3 = 0,005298\text{m}^3$$

- Perhitungan proporsi campuran AAT 0%

- Semen =  $455,55 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 9,05\text{kg}$

- Kerikil 10 – 20 =  $616,619 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 12,250\text{kg}$

- Kerikil 5 – 10 =  $199,092 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 3,955\text{kg}$
- Pasir =  $918,428 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 18,246\text{kg}$
- Air =  $178,275 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 3,541\text{kg}$
- Sp =  $6,833 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 0,135\text{kg}$
- AAT 0% = 0
  
- Perhitungan proporsi campuran AAT 2,5%
  - Semen =  $452,078 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 8,98\text{kg}$
  - Kerikil 10 – 20 =  $613,662 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 12,191\text{kg}$
  - Kerikil 5 – 10 =  $198,132 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 3,936\text{kg}$
  - Pasir =  $914,006 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 18,159\text{kg}$
  - Air =  $178,575 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 3,547\text{kg}$
  - Sp =  $6,955 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 0,138\text{kg}$
  - AAT 2,5% =  $11,591 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 0,230\text{kg}$
  
- Perhitungan proporsi campuran AAT 5%
  - Semen =  $448,474 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 8,91\text{kg}$
  - Kerikil 10 – 20 =  $610,581 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 12,130\text{kg}$
  - Kerikil 5 – 10 =  $197,136 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 3,916\text{kg}$
  - Pasir =  $909,430 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 18,068\text{kg}$
  - Air =  $178,694 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 3,550\text{kg}$
  - Sp =  $7,081 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 0,140\text{kg}$
  - AAT 5% =  $23,603 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 0,468\text{kg}$
  
- Perhitungan proporsi campuran AAT 7,5%
  - Semen =  $444,737 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 8,835\text{kg}$
  - Kerikil 10 – 20 =  $607,386 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 12,067\text{kg}$
  - Kerikil 5 – 10 =  $196,103 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 3,896\text{kg}$
  - Pasir =  $904,657 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 17,973\text{kg}$
  - Air =  $178,846 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 3,553\text{kg}$
  - Sp =  $7,211 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 0,143\text{kg}$
  - AAT 7,5% =  $36,059 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 0,716\text{kg}$
  
- Perhitungan proporsi campuran AAT 10%
  - Semen =  $440,860 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 8,758\text{kg}$
  - Kerikil 10 – 20 =  $604,071 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 12,00\text{kg}$
  - Kerikil 5 – 10 =  $195,029 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 3,874\text{kg}$
  - Pasir =  $899,710 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 17,874\text{kg}$



- Air =  $178,998 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 3,556\text{kg}$
- Sp =  $7,347 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 0,145\text{kg}$
- AAT 10% =  $48,984 \times 0,005298 \times 3 \times 1,25 = 0,973\text{kg}$

Untuk mempermudah pemahaman diatas, akan disediakan dalam bentuk tabel dibawah ini

Tabel 4.36 Proporsi Material Aktual 15cm x 30cm per 3 Benda Uji

Komposisi	Semen (kg)	AAT (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)		SP (kg)	Air (kg)
				10-20	5-10		
AAT 0%	9,05	0	18,246	12,250	3,955	0,135	3,541
AAT 2,5%	8,98	0,230	18,159	12,191	3,936	0,138	3,547
AAT 5%	8,91	0,468	18,068	12,130	3,916	0,140	3,550
AAT 7,5%	8,835	0,716	17,973	12,067	3,896	0,143	3,553
AAT 10%	8,758	0,973	17,874	12,000	3,874	0,145	3,556

(Sumber : Hasil Perhitungan., 2020)

b. Benda uji silinder 10cm x 20cm

- Volume benda uji =  $\pi \times r^2 \times t$   
Volume benda uji =  $3,14 \times 5^2 \times 20$   
Volume benda uji =  $1570\text{cm}^3 = 0,00157\text{m}^3$
- Perhitungan proporsi campuran AAT 0%
  - Semen =  $455,55 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 1,78\text{kg}$
  - Kerikil 10 – 20 =  $616,619 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 2,420\text{kg}$
  - Kerikil 5 – 10 =  $199,092 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 0,781\text{kg}$
  - Pasir =  $918,428 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 3,604\text{kg}$
  - Air =  $178,275 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 0,699\text{kg}$
  - Sp =  $6,833 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 0,0268\text{g}$
  - AAT 0% = 0
- Perhitungan proporsi campuran AAT 2,5%
  - Semen =  $452,078 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 1,77\text{kg}$
  - Kerikil 10 – 20 =  $613,662 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 2,408\text{kg}$
  - Kerikil 5 – 10 =  $198,132 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 0,777\text{kg}$
  - Pasir =  $914,006 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 3,587\text{kg}$
  - Air =  $178,575 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 0,700\text{kg}$
  - Sp =  $6,955 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 0,0272\text{g}$
  - AAT 2,5% =  $11,591 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 0,0454\text{kg}$

- Perhitungan proporsi campuran AAT 5%
  - Semen =  $448,474 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 1,76\text{kg}$
  - Kerikil 10 – 20 =  $610,581 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 2,396\text{kg}$
  - Kerikil 5 – 10 =  $197,136 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 0,773\text{kg}$
  - Pasir =  $909,430 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 3,569\text{kg}$
  - Air =  $178,694 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 0,701\text{kg}$
  - Sp =  $7,081 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 0,0277\text{g}$
  - AAT 5% =  $23,603 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 0,0926\text{kg}$
  
- Perhitungan proporsi campuran AAT 7,5%
  - Semen =  $444,737 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 1,74\text{kg}$
  - Kerikil 10 – 20 =  $607,386 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 2,383\text{kg}$
  - Kerikil 5 – 10 =  $196,103 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 0,769\text{kg}$
  - Pasir =  $904,657 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 3,550\text{kg}$
  - Air =  $178,846 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 0,701\text{kg}$
  - Sp =  $7,211 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 0,0283\text{g}$
  - AAT 7,5% =  $36,059 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 0,141\text{kg}$
  
- Perhitungan proporsi campuran AAT 10%
  - Semen =  $440,860 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 1,73\text{kg}$
  - Kerikil 10 – 20 =  $604,071 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 2,370\text{kg}$
  - Kerikil 5 – 10 =  $195,029 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 0,765\text{kg}$
  - Pasir =  $899,710 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 3,531\text{kg}$
  - Air =  $178,998 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 0,702\text{kg}$
  - Sp =  $7,347 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 0,0288\text{g}$
  - AAT 10% =  $48,984 \times 0,00157 \times 2 \times 1,25 = 0,192\text{kg}$

Untuk mempermudah pemahaman diatas, akan disediakan dalam bentuk tabel dibawah ini

Tabel 4.37 Proporsi Material Aktual Silinder 10cm x 20cm

Komposisi	Semen (kg)	AAT (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)		SP (kg)	Air (kg)
				10-20	5-10		
AAT 0%	1,78	0	3,604	2,420	0,781	0,0268	0,699
AAT 2,5%	1,77	0,0454	3,587	2,408	0,777	0,0272	0,700
AAT 5%	1,76	0,0926	3,569	2,396	0,773	0,0277	0,701
AAT 7,5%	1,74	0,141	3,550	2,383	0,769	0,0283	0,701
AAT 10%	1,73	0,192	3,531	2,370	0,765	0,0288	0,702

(Sumber : Hasil Perhitungan., 2020)

#### 4.9 Pengujian Waktu Pengikatan

Berikut merupakan hasil dan analisa dari pengujian waktu pengikatan persentase abu ampas tebu 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%.

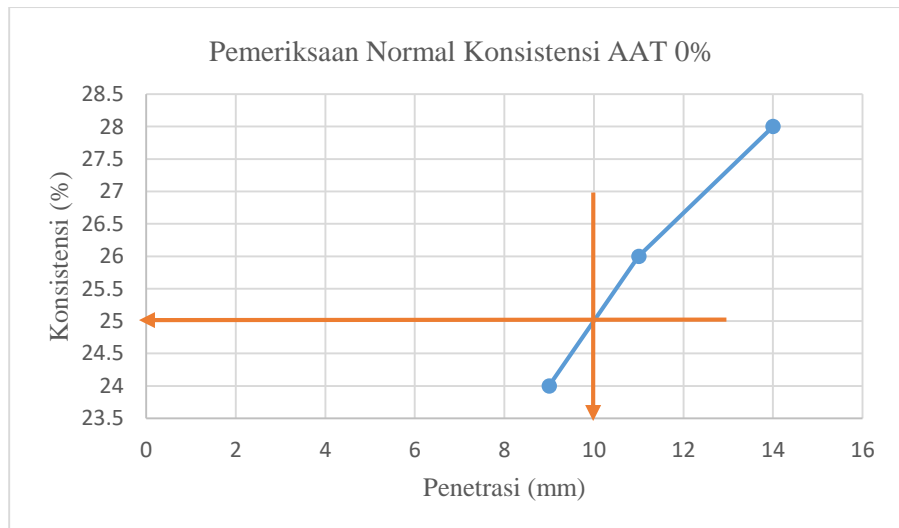
- **Abu ampas tebu persentase 0%**

- Pemeriksaan Normal Konsistensi

Tabel 4.38 Hasil Data Pemeriksaan Normal Konsistensi

Pengujian No.	I	II	III
Berat semen	500gr	500gr	500gr
Berat wadah semen	76gr	76gr	76gr
Berat wadah + semen	576gr	576gr	576gr
Berat AAT	-	-	-
Berat wadah AAT	76gr	76gr	76gr
Berat wadah + AAT	76gr	76gr	76gr
Berat wadah air	62,5gr	62,5gr	62,5gr
Berat wadah + air	193,3gr	186gr	171,2gr
Penetrasi	14mm	11mm	9mm
Konsistensi	28%	26%	24%

(Sumber : Penulis., 2021)



Gambar 4.15 Hasil Pemeriksaan Normal Konsistensi Abu Ampas Tebu 0%

(Sumber : Penulis., 2021)

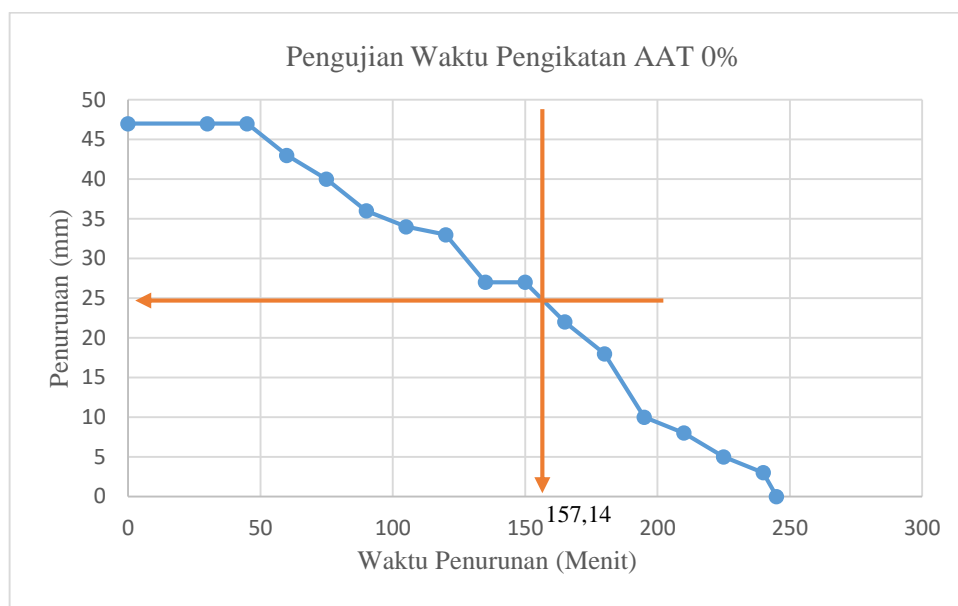
Berdasarkan gambar grafik pemeriksaan normal konsistensi diatas, didapatkan nilai penetrasi 10mm pada nilai konsistensi sebesar 25%. Sehingga, dengan nilai konsistensi sebesar 25% tersebut digunakan untuk pengujian waktu pengikatan.

## - Pengujian Waktu Pengikatan

Tabel 4.39 Hasil Pengujian Waktu Pengikatan Abu Ampas Tebu Persentase 0%

Waktu (menit)	0	30	45	60	75	90	105	120	135
Penurunan (mm)	47	47	47	43	40	36	34	30	27
Waktu (menit)	150	165	180	195	210	225	240	245	
Penurunan (mm)	27	22	18	10	8	5	3	0	

(Sumber : Penulis., 2020)



Gambar 4.16 Hasil Pengujian Waktu Pengikatan Abu Ampas Tebu Persentase 0%

(Sumber : Penulis., 2021)

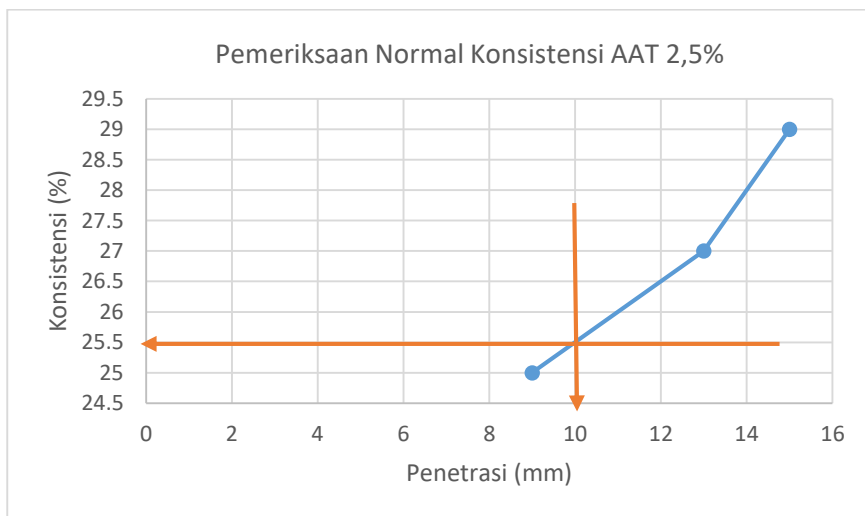
Berdasarkan grafik pengujian waktu pengikatan abu ampas tebu persentase 0% diatas, didapat waktu mengikat (penurunan sebesar 25mm) sebesar 157,14 menit dan waktu mengeras (penurunan 0mm) sebesar 245 menit.

- **Abu ampas tebu persentase 2,5%**
- Pemeriksaan Normal Konsistensi

Tabel 4.40 Hasil Data Pemeriksaan Normal Konsistensi

Pengujian No.	I	II	III
Berat semen	487,5gr	487,5gr	487,5gr
Berat wadah semen	76gr	76gr	76gr
Berat wadah + semen	563,5gr	563,5gr	563,5gr
Berat AAT	12,5gr	12,5gr	12,5gr
Berat wadah AAT	76gr	76gr	76gr
Berat wadah + AAT	88,5gr	88,5gr	88,5gr
Berat wadah air	62,5gr	62,5gr	62,5gr
Berat wadah + air	201,3gr	176,9	192gr
Penetrasi	15mm	9mm	13mm
Konsistensi	29%	25%	27%

(Sumber : Penulis., 2021)



Gambar 4.17 Hasil Pemeriksaan Normal Konsistensi Abu Ampas Tebu 2,5%

(Sumber : Penulis., 2021)

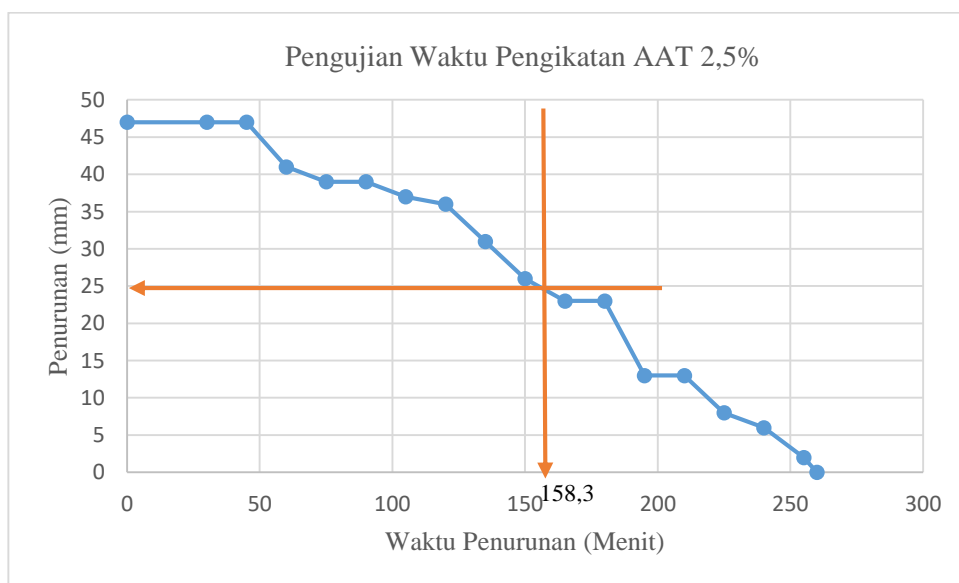
Berdasarkan gambar grafik konsistensi diatas, didapatkan nilai penetrasi 10mm pada nilai konsistensi sebesar 25,5%. Sehingga, dengan nilai konsistensi sebesar 25,5% tersebut digunakan untuk pengujian waktu pengikatan.

- Pengujian Waktu Pengikatan

Tabel 4.41 Hasil Pengujian Waktu Pengikatan Abu Ampas Tebu Persentase 2,5%

Waktu (menit)	0	30	45	60	75	90	105	120	135	150
Penurunan (mm)	47	47	47	41	39	39	37	36	31	26
Waktu (menit)	165	180	195	210	225	240	255	260		
Penurunan (mm)	23	23	13	13	8	6	2	0		

(Sumber : Penulis., 2021)



Gambar 4.18 Hasil Pengujian Waktu Pengikatan Abu Ampas Tebu Persentase 2,5%

(Sumber : Penulis., 2021)

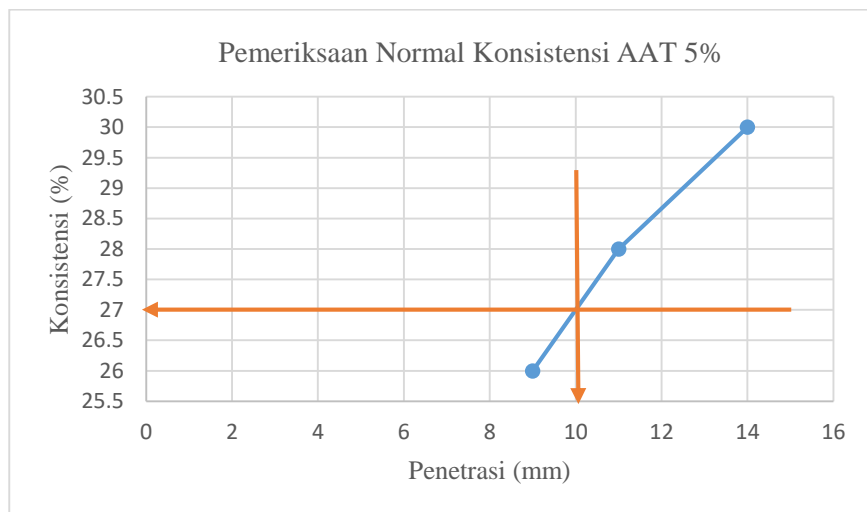
Berdasarkan grafik pengujian waktu pengikatan abu ampas tebu persentase 2,5% diatas, didapat waktu mengikat (penurunan sebesar 25mm) sebesar 158,3 menit dan waktu mengeras (penurunan 0mm) sebesar 260 menit.

- **Abu ampas tebu persentase 5%**
- Pemeriksaan Normal Konsistensi

Tabel 4.42 Hasil Data Pemeriksaan Normal Konsistensi

Pengujian No.	I	II	III
Berat semen	475gr	475gr	475gr
Berat wadah semen	76gr	76gr	76gr
Berat wadah + semen	551gr	551gr	551gr
Berat AAT	25gr	25gr	25gr
Berat wadah AAT	76gr	76gr	76gr
Berat wadah + AAT	101gr	101gr	101gr
Berat wadah air	62,5gr	62,5gr	62,5gr
Berat wadah + air	205,6gr	193,3gr	186gr
Penetrasi	14mm	11mm	9mm
Konsistensi	30%	28%	26%

(Sumber : Penulis., 2021)



Gambar 4.19 Hasil Pemeriksaan Normal Konsistensi Abu Ampas Tebu 5%  
(Sumber : Penulis., 2021)

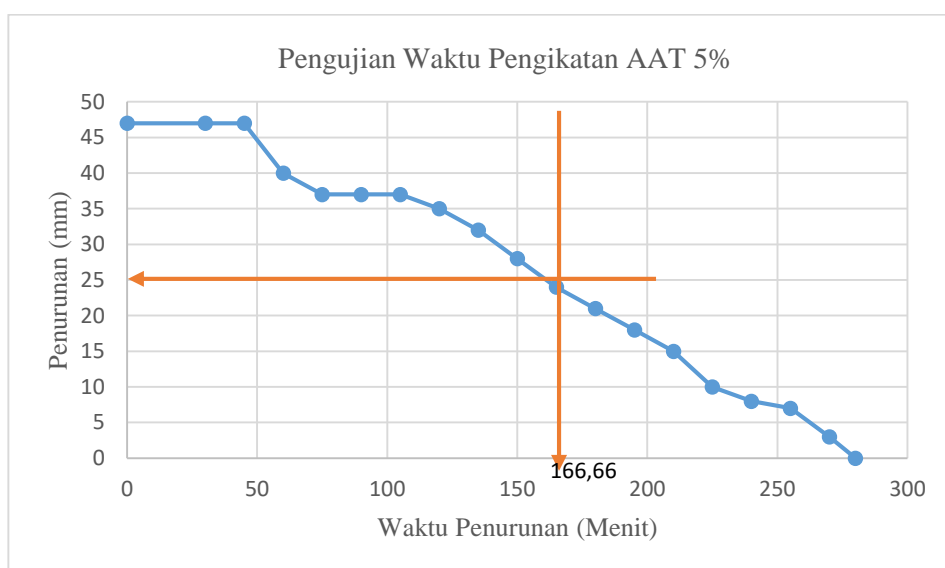
Berdasarkan gambar grafik konsistensi diatas, didapatkan nilai penetrasi 10mm pada nilai konsistensi sebesar 27%. Sehingga, dengan nilai konsistensi sebesar 27% tersebut digunakan untuk pengujian waktu pengikatan.

- Pengujian Waktu Pengikatan

Tabel 4.43 Hasil Pengujian Waktu Pengikatan Abu Ampas Tebu Persentase 5%

Waktu (menit)	0	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Penurunan (mm)	47	47	47	40	37	37	37	35	32	28	24
Waktu (menit)	180	195	210	225	240	255	270	280			
Penurunan (mm)	21	18	15	10	8	6	3	0			

(Sumber : Penulis., 2021)



Gambar 4.20 Hasil Pengujian Waktu Pengikatan Abu Ampas Tebu Persentase 5%

(Sumber : Penulis., 2021)

Berdasarkan grafik pengujian waktu pengikatan abu ampas tebu persentase 5% diatas, didapat waktu mengikat (penurunan sebesar 25mm) sebesar 166,66 menit dan waktu mengeras (penurunan 0mm) sebesar 280 menit.

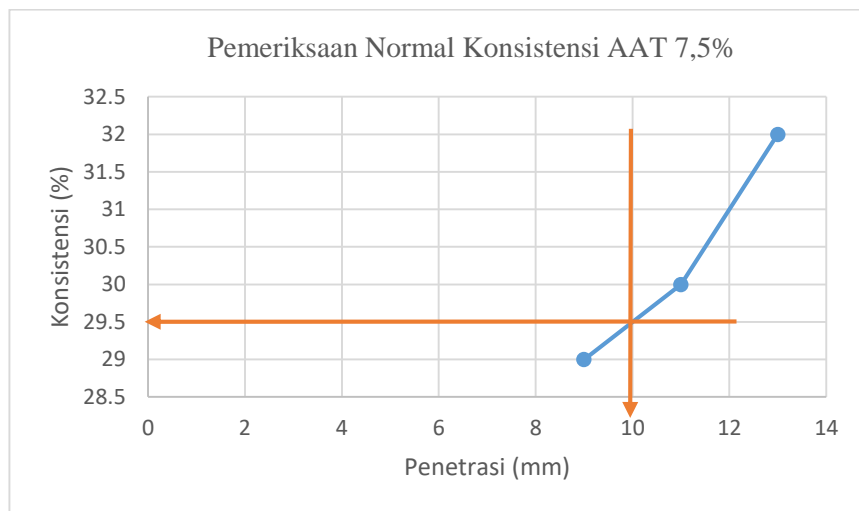


- **Abu ampas tebu persentase 7,5%**
- Pemeriksaan Normal Konsistensi

Tabel 4.44 Hasil Data Pemeriksaan Normal Konsistensi

Pengujian No.	I	II	III
Berat semen	462,5gr	462,5gr	462,5gr
Berat wadah semen	76gr	76gr	76gr
Berat wadah + semen	538,5gr	538,5gr	538,5gr
Berat AAT	37,5gr	37,5gr	37,5gr
Berat wadah AAT	76gr	76gr	76gr
Berat wadah + AAT	113,5	113,5	113,5
Berat wadah air	62,5gr	62,5gr	62,5gr
Berat wadah + air	205,6gr	200,06gr	212,2gr
Penetrasi	11mm	9mm	13mm
Konsistensi	30%	29%	32%

(Sumber : Penulis., 2021)



Gambar 4.21 Hasil Pemeriksaan Normal Konsistensi Abu Ampas Tebu 7,5%  
(Sumber : Penulis., 2021)

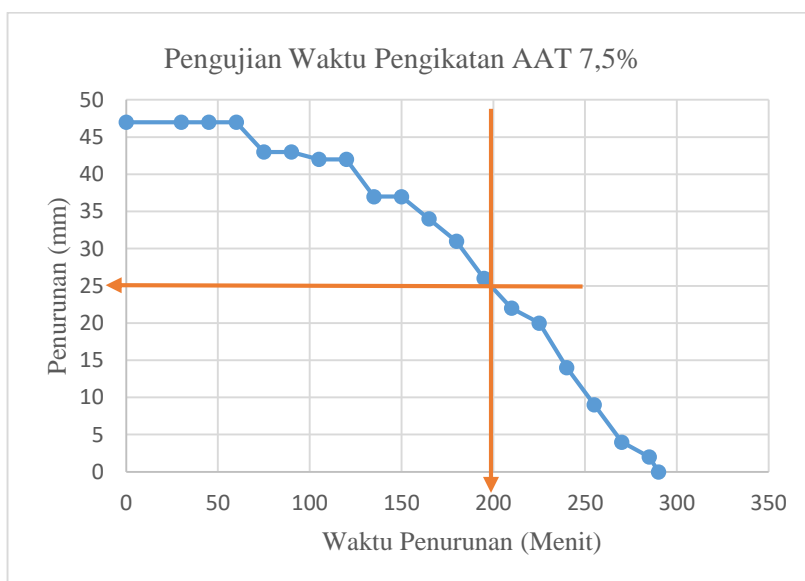
Berdasarkan gambar grafik konsistensi diatas, didapatkan nilai penetrasi 10mm pada nilai konsistensi sebesar 29,5%. Sehingga, dengan nilai konsistensi sebesar 29,5% tersebut digunakan untuk pengujian waktu pengikatan.

- Pengujian Waktu Pengikatan

Tabel 4.45 Hasil Pengujian Waktu Pengikatan Abu Ampas Tebu Persentase 7,5%

Waktu (menit)	0	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Penurunan (mm)	47	47	47	47	43	43	42	42	37	37	34
Waktu (menit)	180	195	210	225	240	255	270	285	290		
Penurunan (mm)	31	26	22	20	14	9	4	2	0		

(Sumber : Penulis., 2021)



Gambar 4.22 Hasil Pengujian Waktu Pengikatan Abu Ampas Tebu Persentase 7,5%

(Sumber : Penulis., 2021)

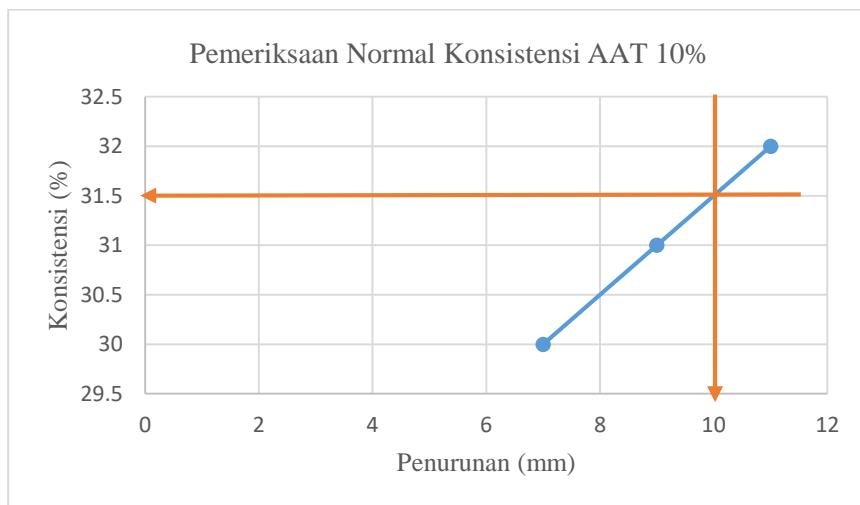
Berdasarkan grafik pengujian waktu pengikatan abu ampas tebu persentase 7,5% diatas, didapat waktu mengikat (penurunan sebesar 25mm) sebesar 200 menit dan waktu mengeras (penurunan 0mm) sebesar 290 menit.

- **Abu ampas tebu persentase 10%**
- Pemeriksaan Normal Konsistensi

Tabel 4.46 Hasil Data Pemeriksaan Normal Konsistensi

Pengujian No.	I	II	III
Berat semen	450gr	450gr	450gr
Berat wadah semen	76gr	76gr	76gr
Berat wadah + semen	526gr	526gr	526gr
Berat AAT	50gr	50gr	50gr
Berat wadah AAT	76gr	76gr	76gr
Berat wadah + AAT	126gr	126gr	126gr
Berat wadah air	62,5gr	62,5gr	62,5gr
Berat wadah + air	205,6gr	212,2gr	210gr
Penetrasi	7mm	11mm	9mm
Konsistensi	30%	32%	31%

(Sumber : Penulis., 2021)



Gambar 4.23 Hasil Pemeriksaan Normal Konsistensi Abu Ampas Tebu 10%  
(Sumber : Penulis., 2021)

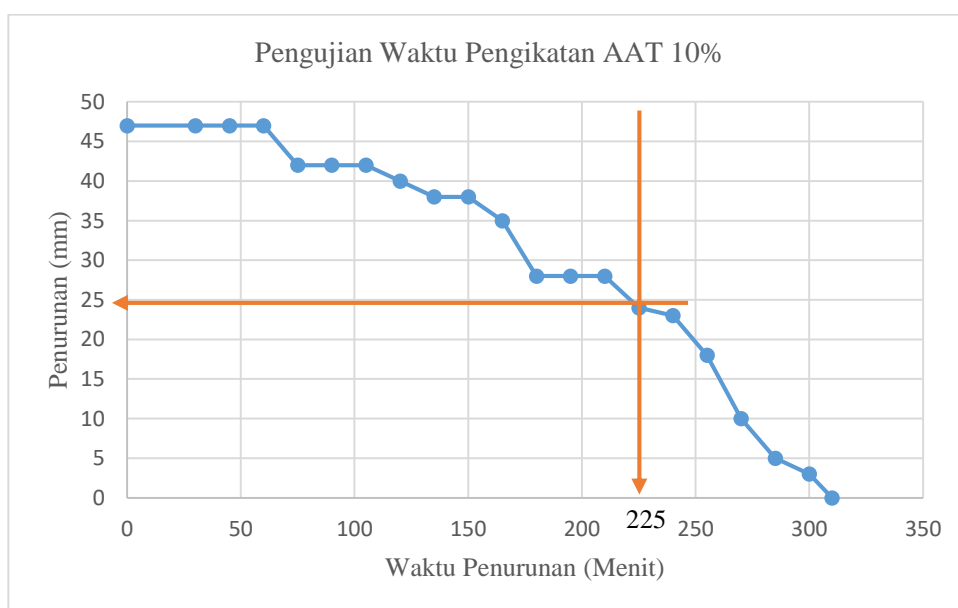
Berdasarkan gambar grafik konsistensi diatas, didapatkan nilai penetrasi 10mm pada nilai konsistensi sebesar 31,5%. Sehingga, dengan nilai konsistensi sebesar 31,5% tersebut digunakan untuk pengujian waktu pengikatan.

## - Pengujian Waktu Pengikatan

Tabel 4.47 Hasil Pengujian Waktu Pengikatan Abu Ampas Tebu Persentase 10%

Waktu (menit)	0	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Penurunan (mm)	47	47	47	47	42	42	42	40	38	38	35
Waktu (menit)	180	195	210	225	240	255	270	285	300	310	
Penurunan (mm)	28	28	28	24	23	18	10	5	3	0	

(Sumber : Penulis., 2021)

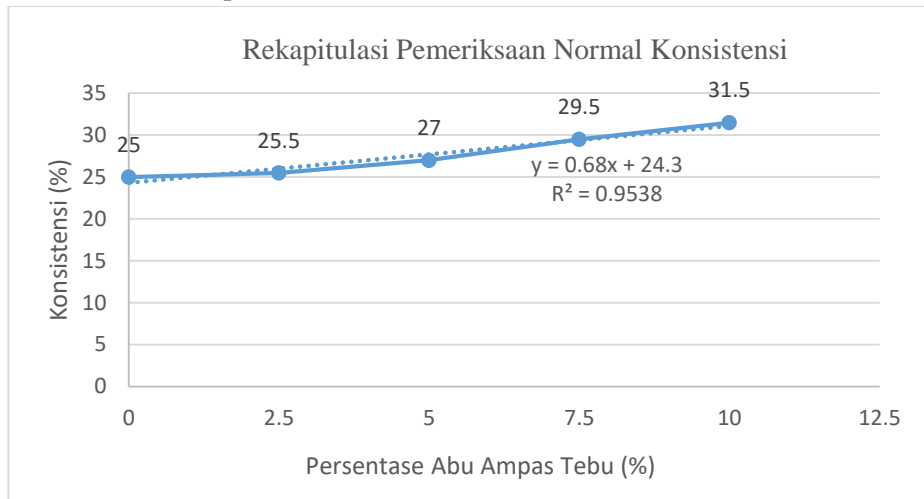


Gambar 4.24 Hasil Pengujian Waktu Pengikatan Abu Ampas Tebu Persentase 10%

(Sumber : Penulis., 2021)

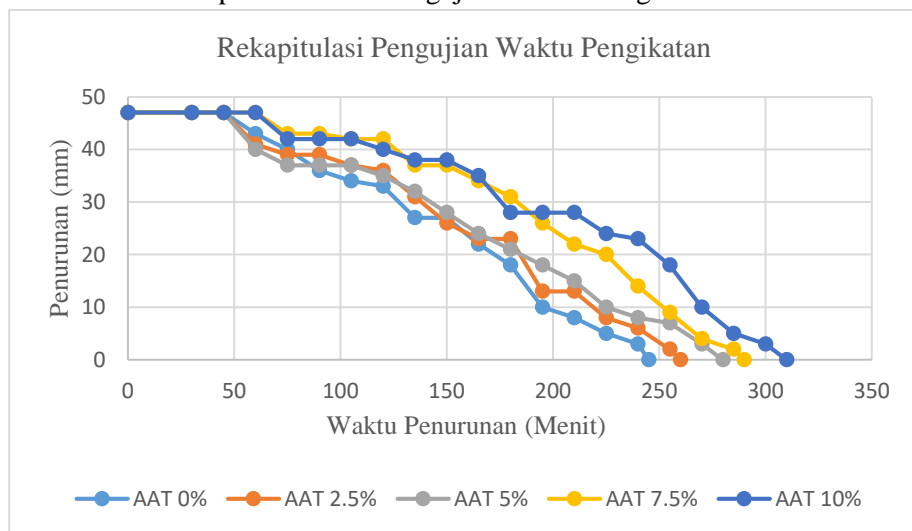
Berdasarkan grafik pengujian waktu pengikatan abu ampas tebu persentase 10% diatas, didapat waktu mengikat (penurunan sebesar 25mm) sebesar 225 menit dan waktu mengeras (penurunan 0mm) sebesar 310 menit.

- **Analisa Hasil Pengujian Waktu Pengikatan**
- Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Normal Konsistensi



Gambar 4.25 Rekapitulasi Pemeriksaan Normal Konsistensi  
(Sumber : Penulis., 2021)

- Rekapitulasi Hasil Pengujian Waktu Pengikatan



Gambar 4.26 Rekapitulasi Pengujian Waktu Pengikatan  
(Sumber : Penulis., 2021)

Berdasarkan gambar 4.17 dan 4.18 diatas, dapat disimpulkan bahwa semakin bertambahnya persentase abu ampas tebu yang digunakan, maka akan berakibat pada meningkatnya nilai normal konsistensi dan juga

mengakibatkan pada memperlambatnya proses waktu pengikatan dan waktu mengeras. Hal itu dikarenakan abu ampas tebu yang digunakan pada pengujian kali ini lolos saringan no.100, dimana dengan modulus kehalusan yang dimiliki oleh abu ampas tebu yang akan digunakan masih belum memiliki kesamaan dengan modulus kehalusan yang dimiliki oleh semen. Sehingga, dengan demikian dapat menyebabkan daya serap terhadap air semakin besar, dimana hal itu ditunjukkan dengan meningkatnya nilai normal konsistensi.

Pada saat persentase abu ampas tebu yang digunakan untuk pengujian waktu pengikatan semakin banyak, maka akan berdampak pada semakin memperlambatnya nilai waktu mengikat dan mengeras. Hal ini dikarenakan, ketika bahan abu ampas tebu digunakan sebagai *substitusi parsial* pada semen untuk pengujian waktu pengikatan, maka akan mempengaruhi proses dari senyawa kimia silika oksida ( $\text{SiO}_2$ ) yang dimiliki oleh abu ampas tebu untuk mengikat kapur ( $\text{CaOH}$ ) yang berasal dari proses hidrasi semen. Sehingga, ketika persentase abu ampas tebu yang digunakan semakin banyak, maka akan dapat mengakibatkan waktu untuk mengikat dan mengeras semakin lama. Menurut (Rashidul Hasan., dkk., 2020), Semakin bertambahnya material yang bersifat *pozzolanic*, maka dapat menyebabkan keterlambatan dalam proses hidrasi, sehingga dengan demikian dapat menyebabkan meningkatnya nilai *setting time*.

#### 4.10 Pengujian *Slump Flow*

Pengujian *slump flow test* merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui nilai workabilitas pada beton alir yang akan digunakan. Adapun hasil dan analisa dari pengujian *slump flow test* akan disediakan dalam bentuk tabel dan grafik seperti dibawah ini

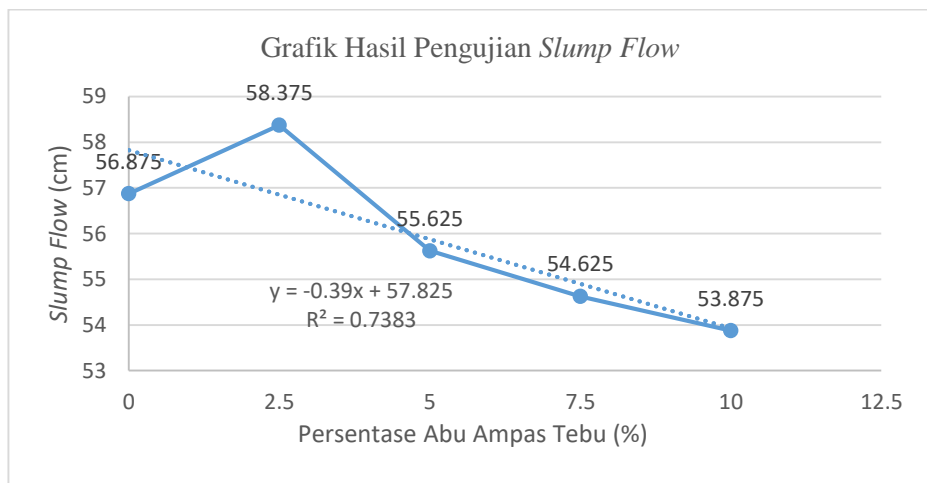
Tabel 4.48 Hasil Pengujian *Slump Flow*

Persentase AAT	<i>Slump Flow Test</i>			Rata – Rata <i>Slump Flow</i>
	$D_1$	$D_2$	$D_{\text{Rata-Rata}}$	
0%	56cm	55cm	55,5cm	56,875cm
	59cm	59cm	59cm	
	59cm	54cm	56,5cm	
	59cm	54cm	56,5cm	
2,5%	61cm	57cm	59cm	58,375cm
	61cm	55cm	58cm	
	60cm	55cm	57,5cm	
	60cm	58cm	59cm	

Tabel 4.48 Hasil Pengujian *Slump Flow* (Lanjutan)

Persentase AAT	<i>Slump Flow Test</i>			Rata – Rata <i>Slump Flow</i>
	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>Rata-Rata</sub>	
5%	54cm	55cm	54,5cm	55,625cm
	57cm	56cm	56,5cm	
	57cm	52cm	54,5cm	
	59cm	55cm	57cm	
7,5%	59cm	54cm	56,5cm	54,625cm
	55cm	55cm	55cm	
	53cm	53cm	53cm	
	55cm	53cm	54cm	
10%	55cm	55cm	55cm	53,875cm
	54cm	53cm	53,5cm	
	54cm	52cm	53cm	
	54cm	54cm	54cm	

(Sumber : Penulis., 2021)

Gambar 4.27 Grafik Hasil Pengujian *Slump Flow*

(Sumber : Penulis., 2021)

Tabel 4.49 Perbedaan Persentase Nilai *Slump Flow*

Persentase AAT	Nilai <i>Slump Flow</i>	Persentase Perbedaan Nilai <i>Slump Flow</i>
0%	56,875cm	0%
2,5%	58,375cm	+2,637%
5%	55,625cm	-2,197%

Tabel 4.49 Perbedaan Persentase Nilai *Slump Flow* (Lanjutan)

Persentase AAT	Nilai <i>Slump Flow</i>	Persentase Perbedaan Nilai <i>Slump Flow</i>
7,5%	54,625cm	-3,956%
10%	53,875cm	-5,274%

(Sumber : Penulis., 2021)

**Perhitungan :**

- Persentase AAT 10% =  $\frac{\text{Persentase 10\%} - \text{Persentase 0\%}}{\text{Persentase 0\%}}$   
 Persentase AAT 10% =  $\frac{53,875 - 56,875}{56,875} = -5,274\%$
- Persentase AAT 2,5% =  $\frac{\text{Persentase 2,5\%} - \text{Persentase 0\%}}{\text{Persentase 0\%}}$   
 Persentase AAT 2,5% =  $\frac{58,375 - 56,875}{56,875} = +2,637\%$

Berdasarkan gambar grafik dan tabel diatas, didapatkan bahwa semakin bertambahnya persentase abu ampas tebu yang digunakan maka akan menyebabkan penurunan pada nilai *slump flow*. Hal ini dikarenakan modulus kehalusan pada abu ampas tebu yang digunakan masih terlalu besar (lolos ayakan no.100), dimana dengan abu ampas tebu yang memiliki modulus kehalusan tersebut dapat menyebabkan kemampuan abu ampas tebu untuk menyerap air lebih besar dan cepat. Sehingga, dengan bertambahnya abu ampas tebu yang digunakan sebagai *substitusi parsial* pada semen maka akan dapat menyebabkan air yang terserap lebih cepat, sehingga menyebabkan terhalangnya *slump flow* untuk mengalir yang kemudian berdampak pada nilai workabilitas pada beton alir akan menurun, yang ditunjukkan dengan menurunnya nilai *slump flow*. Menurut (Dhany, setiawan., dkk. 2016), jumlah air bebas pada campuran beton segar SCC berkurang karena penyerapan abu ampas tebu yang permukaan spesifik butirannya lebih besar daripada semen. Oleh karena itu, campuran SCC dengan persentase abu ampas tebu yang lebih besar mengalami hambatan aliran yang lebih tinggi dalam pengujian penyebaran  $T_{50}$ .

Berdasarkan gambar grafik dan tabel diatas juga, terdapat anomali pada hasil nilai *slump flow substitusi parsial* dengan abu ampas tebu sebesar 2,5%, dimana pada *substitusi parsial* dengan abu ampas tebu sebesar 2,5% mengalami peningkatan nilai *slump flow* dikarenakan terdapat ketidakteelitian dalam pelaksanaan pengujian *slump flow*, dimana pada saat pelaksanaan pengujian *slump flow* alas yang digunakan untuk pengujian *slump flow* tidak rata dengan permukaan, dimana dengan hal ini dapat menyebabkan beton alir memiliki kelebihan semakin cepat dalam mengalir. Sehingga, dapat



menyebabkan bertambahnya nilai workabilitas pada beton alir yang ditunjukkan dengan meningkatnya nilai *slump flow*. Pada *substitusi parsial* dengan abu ampas tebu sebesar 2,5% ini terjadi peningkatan sebesar +2,637% dari *substitusi parsial* dengan abu ampas tebu sebesar 0%.

#### 4.11 Pengujian Berat Jenis Beton Alir

Berikut merupakan hasil dan analisa dari pengujian berat jenis beton alir dalam keadaan segar dan kering

- Berat Jenis Beton Alir keadaan Beton Segar

Tabel 4.50 Hasil Pengujian Berat Jenis Beton Alir Keadaan Segar

Persentase AAT	Berat Wadah + Beton segar (kg)	Berat Wadah (kg)	Berat Jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Rata – Rata (kg/m <sup>3</sup> )
0%	22,2kg	10kg	2302,755	2.420,200
	22,3kg	10kg	2321,630	
	23,0kg	10kg	2453,756	
	23,1kg	10kg	2472,631	
	23,4kg	10kg	2529,256	
	23,0kg	10kg	2453,756	
	23,2kg	10kg	2491,506	
	22,4kg	10kg	2340,505	
	22,8kg	10kg	2416,006	
2,5%	22,2	10kg	2302,756	2.411,812
	22,6	10kg	2378,256	
	22,8	10kg	2416,006	
	22,5	10kg	2359,381	
	23,0	10kg	2453,756	
	23,0	10kg	2453,756	
	23,2	10kg	2491,506	
	22,5	10kg	2359,381	
	23,2	10kg	2491,506	
5%	22,9	10kg	2434,881	2.499,895
	22,9	10kg	2434,881	
	23,8	10kg	2604,757	
	23,4	10kg	2529,256	
	23,2	10kg	2491,506	

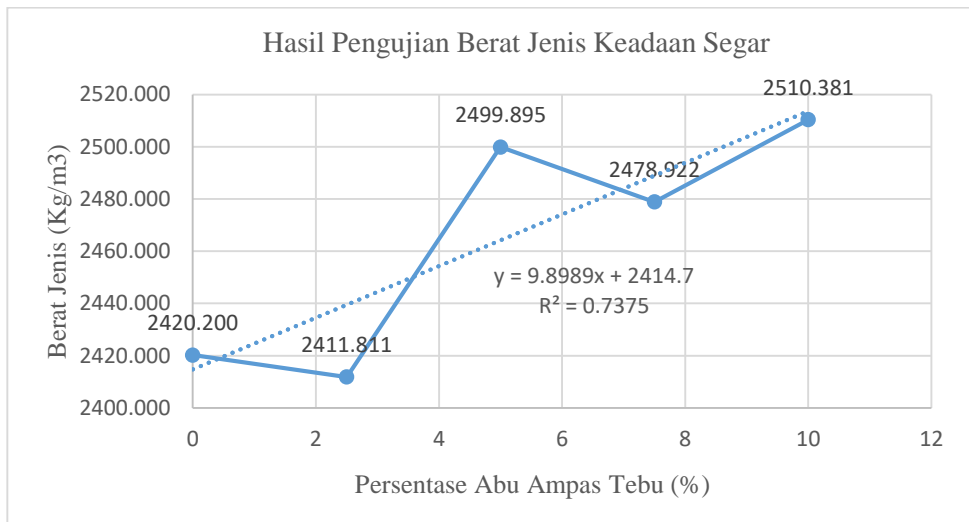
Tabel 4.50 Hasil Pengujian Berat Jenis Beton Alir Keadaan Segar (Lanjutan)

Persentase AAT	Berat Wadah + Beton segar (kg)	Berat Wadah (kg)	Berat Jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Rata – Rata (kg/m <sup>3</sup> )
5%	23,0	10kg	2453,756	2.499,895
	23,4	10kg	2529,256	
	23,4	10kg	2529,256	
	23,2	10kg	2491,506	
7,5%	23,0	10kg	2453,756	2.478,923
	23,4	10kg	2529,256	
	23,2	10kg	2491,506	
	22,6	10kg	2378,256	
	23,0	10kg	2453,756	
	23,4	10kg	2529,256	
	22,8	10kg	2416,006	
	23,8	10kg	2604,757	
10%	23,0	10kg	2453,756	2.510,381
	23,2	10kg	2491,506	
	23,5	10kg	2548,131	
	23,8	10kg	2604,757	
	23,2	10kg	2491,506	
	23,0	10kg	2453,756	
	22,8	10kg	2416,006	
	23,2	10kg	2491,506	
	23,6	10kg	2567,006	
23,4	10kg	2529,256		

(Sumber : Penulis., 2021)

**Perhitungan :**

- Volume Wadah =  $\pi \times r^2 \times t$   
Volume Wadah =  $3,14 \times 7,5^2 \times 30 = 5298,75\text{cm}^3$   
Volume Wadah =  $0,005298\text{m}^3$
- Contoh Perhitungan Berat Jenis Persentase 0% (22,2kg)  
Berat Jenis =  $\frac{Mc - Mm}{Vm}$   
Berat Jenis =  $\frac{22,2 - 10}{0,005298} = 2.302,755\text{kg/m}^3$



Gambar 4.28 Grafik Hasil Pengujian Berat Jenis Beton Alir Keadaan Segar  
(Sumber : Penulis., 2021)

Berdasarkan gambar grafik diatas, didapatkan nilai tertinggi berat jenis beton alir dalam keadaan segar terjadi pada substitusi parsial dengan persentase abu ampas tebu sebesar 10%, dimana pada persentase ini memberikan nilai berat jenis sebesar 2.510,381kg/m<sup>3</sup>. Nilai terendah berat jenis beton alir dalam keadaan segar terjadi pada substitusi parsial dengan persentase abu ampas tebu sebesar 2,5%, dimana pada persentase ini memberikan nilai berat jenis sebesar 2.411,811kg/m<sup>3</sup>.

- Berat Jenis Beton Alir Keadaan Kering Umur 7 Hari

Tabel 4.51 Hasil Pengujian Berat Jenis Beton Alir Keadaan Kering Umur 7 Hari

Persentase AAT	Berat Beton Kering (kg)	Berat Jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Rata – Rata (kg/m <sup>3</sup> )
0%	13,0kg	2.453,756	2.460,048
	13,2kg	2.491,506	
	12,9kg	2.434,881	
2,5%	13,10kg	2.472,631	2.467,598
	13,12kg	2.476,406	
	13,0kg	2.453,756	
5%	13,07kg	2.466,969	2.477,035
	13,10kg	2.472,631	
	13,20kg	2.491,506	

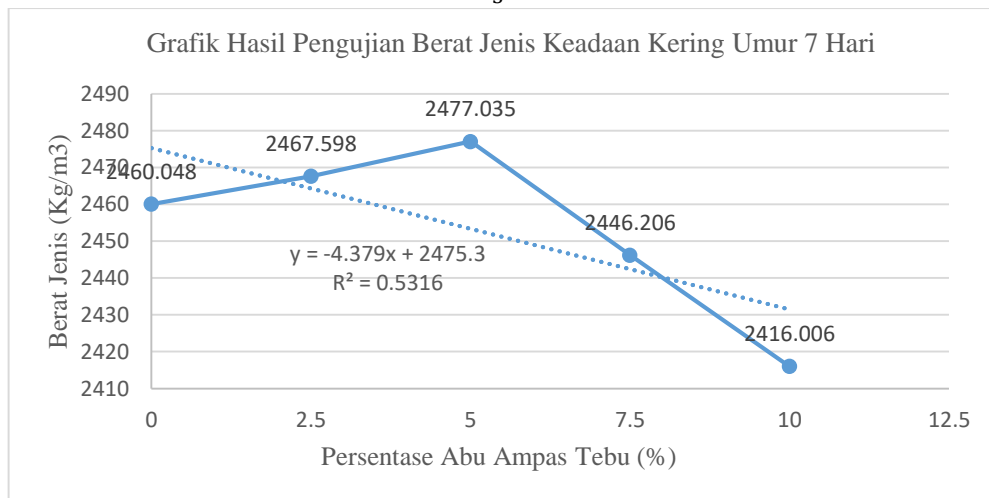
Tabel 4.51 Hasil Pengujian Berat Jenis Beton Alir Keadaan Kering Umur 7 Hari  
(Lanjutan)

Persentase AAT	Berat Beton Kering (kg)	Berat Jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Rata – Rata (kg/m <sup>3</sup> )
7,5%	13,0kg	2.453,756	2.446,206
	12,98kg	2.449,981	
	12,9kg	2.434,881	
10%	12,8kg	2.416,006	2.416,006
	12,8kg	2.416,006	
	12,8kg	2.416,006	

(Sumber : Penulis., 2021)

**Perhitungan :**

- Volume Wadah =  $\pi \times r^2 \times t$   
 $= 3,14 \times 7,5^2 \times 30 = 5298,75\text{cm}^3$   
 $= 0,005298\text{m}^3$
- Contoh Perhitungan Berat Jenis Persentase 0% (13,2kg)  
 Berat Jenis =  $\frac{Mc}{Vm}$   
 $= \frac{13,2}{0,005298} = 2.491,506\text{kg/m}^3$
- Contoh Perhitungan Rata – Rata Berat Jenis Persentase 10%  
 Rata – Rata Berat Jenis =  $\frac{\sum \text{Berat Jenis Persentase 10\%}}{n}$   
 $= \frac{7.248,018}{3} = 2.416,006\text{kg/m}^3$



Gambar 4.29 Hasil Pengujian Berat Jenis Beton Alir Keadaan Kering Umur 7 Hari  
(Sumber : Penulis., 2021)

Berdasarkan gambar grafik diatas, didapatkan nilai tertinggi berat jenis beton alir dalam keadaan kering umur 7 hari terjadi pada substitusi parsial dengan persentase abu ampas tebu sebesar 5%, dimana pada persentase ini memberikan nilai berat jenis sebesar  $2.477,035\text{kg/m}^3$ . Nilai terendah berat jenis beton alir dalam keadaan kering umur 7 hari terjadi pada substitusi parsial dengan persentase abu ampas tebu sebesar 10%, dimana pada persentase ini memberikan nilai berat jenis sebesar  $2.416,006\text{kg/m}^3$ .

- Berat Jenis Beton Alir Keadaan Kering Umur 21 Hari

Tabel 4.52 Hasil Pengujian Berat Jenis Beton Alir Keadaan Kering Umur 21 Hari

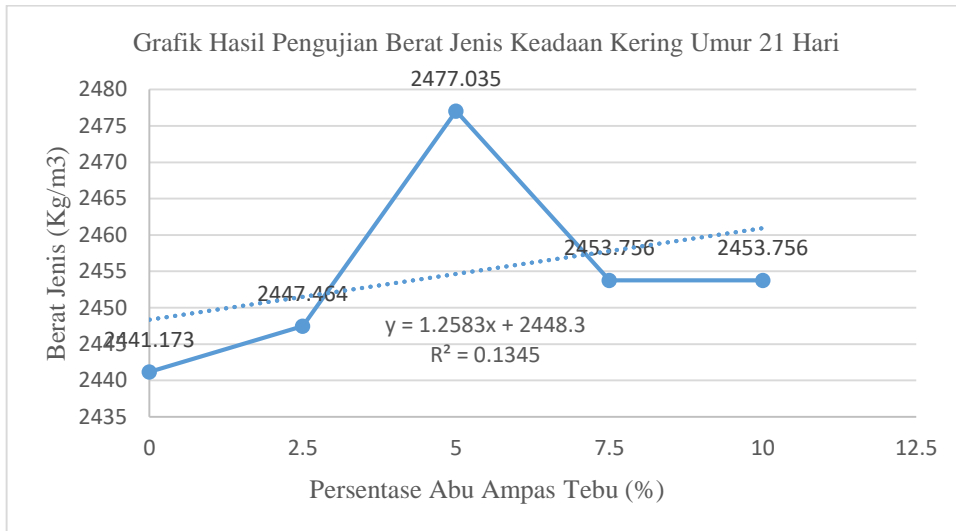
Persentase AAT	Berat Beton Kering (kg)	Berat Jenis ( $\text{kg/m}^3$ )	Rata – Rata ( $\text{kg/m}^3$ )
0%	12,9kg	2.434,881	2.441,173
	12,9kg	2.434,881	
	13,0kg	2.453,756	
2,5%	12,9kg	2.434,881	2.447,464
	12,9kg	2.434,881	
	13,1kg	2.472,631	
5%	13,15kg	2.482,069	2.477,035
	13,1kg	2.472,631	
	13,12kg	2.476,406	
7,5%	13,0kg	2.453,756	2.453,756
	13,0kg	2.453,756	
	13,0kg	2.453,756	
10%	13,1kg	2.472,631	2.453,756
	12,9kg	2.434,881	
	13,0kg	2.453,756	

(Sumber : Penulis., 2021)

#### Perhitungan :

- Volume Wadah =  $\pi \times r^2 \times t$   
 $= 3,14 \times 7,5^2 \times 30 = 5298,75\text{cm}^3$   
 $= 0,005298\text{m}^3$
- Contoh Perhitungan Berat Jenis Persentase 10% (12,9kg)

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis} &= \frac{Mc}{Vm} \\ &= \frac{12,9}{0,005298} = 2.434,881\text{kg/m}^3 \end{aligned}$$



Gambar 4.30 Hasil Pengujian Berat Jenis Beton Alir Keadaan Kering Umur 21 Hari  
(Sumber : Penulis., 2021)

Berdasarkan gambar grafik diatas, didapatkan nilai tertinggi berat jenis beton alir dalam keadaan kering umur 21 hari terjadi pada substitusi parsial dengan persentase abu ampas tebu sebesar 5%, dimana pada persentase ini memberikan nilai berat jenis sebesar 2.477,035kg/m<sup>3</sup>. Nilai terendah berat jenis beton alir dalam keadaan kering umur 21 hari terjadi pada substitusi parsial dengan persentase abu ampas tebu sebesar 0%, dimana pada persentase ini memberikan nilai berat jenis sebesar 2.441,173kg/m<sup>3</sup>.

- Berat Jenis Beton Alir Keadaan Kering Umur 28 Hari

Tabel 4.53 Hasil Pengujian Berat Jenis Beton Alir Keadaan Kering Umur 28 Hari

Persentase AAT	Berat Beton Kering (kg)	Berat Jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Rata – Rata (kg/m <sup>3</sup> )
0%	13,0kg	2.453,756	2.466,339
	13,1kg	2.472,631	
	13,1kg	2.472,631	
2,5%	13,2kg	2.491,506	2.504,090
	13,3kg	2.510,381	
	13,3kg	2.510,381	
5%	13,1kg	2.472,631	2.463,194
	13,05kg	2.463,194	
	13,0kg	2.453,756	

Tabel 4.53 Hasil Pengujian Berat Jenis Beton Alir Keadaan Kering Umur 28 Hari  
(Lanjutan)

Persentase AAT	Berat Beton Kering (kg)	Berat Jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Rata – Rata (kg/m <sup>3</sup> )
7,5%	13,1kg	2.472,631	2.472,631
	13,1kg	2.472,631	
	13,1kg	2.472,631	
10%	12,9kg	2.434,881	2.434,881
	12,9kg	2.434,881	
	12,9kg	2.434,881	

(Sumber : Penulis., 2021)

**Perhitungan :**

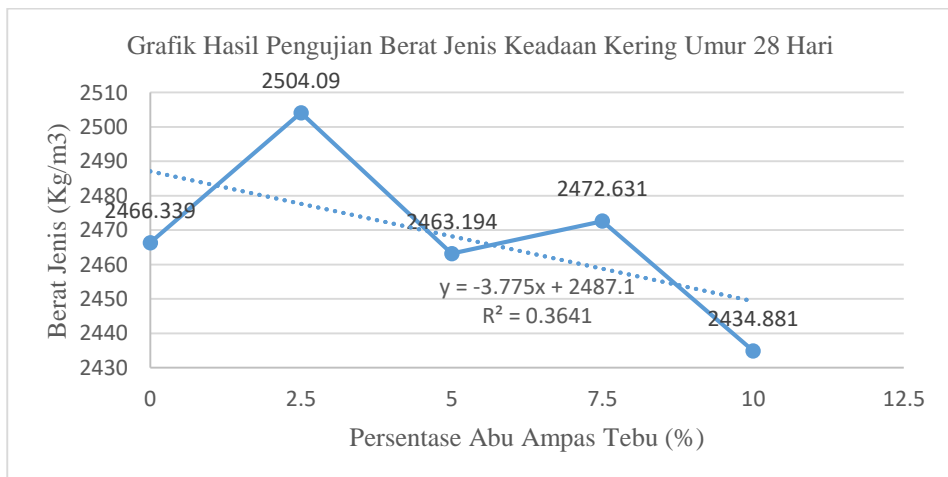
- Volume Wadah =  $\pi \times r^2 \times t$   
 $= 3,14 \times 7,5^2 \times 30 = 5298,75\text{cm}^3$   
 $= 0,005298\text{m}^3$
- Contoh Perhitungan Berat Jenis Persentase 0% (13,0kg)  

$$\text{Berat Jenis} = \frac{Mc}{Vm}$$

$$= \frac{13,0}{0,005298} = 2.453,756\text{kg/m}^3$$
- Contoh Perhitungan Rata – Rata Berat Jenis Persentase 0%  

$$\text{Rata – Rata Berat Jenis} = \frac{\sum \text{Berat Jenis Persentase 0\%}}{n}$$

$$= \frac{7.399,018}{3} = 2.466,339\text{kg/m}^3$$



Gambar 4.31 Hasil Pengujian Berat Jenis Beton Alir Keadaan Kering Umur 28 Hari  
(Sumber : Penulis., 2021)

Berdasarkan gambar grafik diatas, didapatkan nilai tertinggi berat jenis beton alir dalam keadaan kering umur 28 hari terjadi pada substitusi parsial dengan persentase abu ampas tebu sebesar 2,5%, dimana pada persentase ini memberikan nilai berat jenis sebesar  $2.504,090\text{kg/m}^3$ . Nilai terendah berat jenis beton alir dalam keadaan kering umur 28 hari terjadi pada substitusi parsial dengan persentase abu ampas tebu sebesar 10%, dimana pada persentase ini memberikan nilai berat jenis sebesar  $2.434,881\text{kg/m}^3$ .

Berdasarkan gambar grafik berat jenis beton alir dalam keadaan segar, didapatkan bahwa semakin bertambahnya persentase abu ampas tebu yang digunakan maka akan memperbesar nilai dari suatu berat jenis beton alir, dimana hal ini ditunjukkan dengan tren meningkatnya pada gambar grafik hasil pengujian berat jenis beton alir dalam keadaan segar. Hal ini bisa terjadi dikarenakan menurut (N.Chusilp., dkk., 2009), partikel kecil abu ampas tebu dapat mengisi rongga atau ruang udara pada struktur beton sehingga menghasilkan beton yang lebih padat. Sehingga dengan demikian, semakin banyak persentase abu ampas tebu yang digunakan maka akan mengakibatkan meningkatnya nilai berat jenis beton alir dalam keadaan segar. Selain faktor tersebut, faktor lain yang dapat memengaruhi nilai dari berat jenis beton alir dalam keadaan segar salah satunya yaitu faktor penggetaran atau perojokan pada pengisian beton alir ke wadah ukur. Hal itu dikarenakan, semakin banyak atau semakin sering melakukan penggetaran dalam pengisian beton alir kedalam satu wadah ukur, maka beton segar yang dibutuhkan untuk mengisi satu wadah ukur akan semakin banyak, sehingga mengakibatkan berat jenis dari suatu beton alir akan semakin meningkat yang ditunjukkan dengan semakin besarnya nilai berat jenis dari suatu beton alir, dan begitu pula sebaliknya.

Berdasarkan gambar grafik berat jenis beton alir kering umur 7, 21 dan 28 hari, didapatkan bahwa semakin bertambahnya persentase abu ampas tebu yang digunakan maka akan memperkecil nilai dari suatu berat jenis beton alir, dimana hal ini ditunjukkan dengan tren menurun pada setiap gambar grafik hasil pengujian berat jenis beton alir. Hal ini bisa terjadi dikarenakan nilai berat jenis yang dimiliki oleh abu ampas tebu yang digunakan lebih kecil daripada semen, dimana pada penelitian kali ini berat jenis yang dimiliki oleh abu ampas tebu sebesar 1,96. Selain itu, kadar resapan pada penelitian kali ini juga menunjukkan bahwa semakin banyak persentase abu ampas tebu yang digunakan maka resapan beton akan semakin meningkat, dimana hal itu dapat mengakibatkan beton alir akan mengalami penyusutan dalam keadaan kering.



Penyusutan ini bisa terjadi dikarenakan ketika beton alir menjadi kering, maka air yang terdapat dalam beton alir akan menguap sepenuhnya ke udara, dimana hal ini akan menyebabkan berkurangnya berat beton per volume yang ditandai dengan nilai berat jenis beton alir kering akan semakin menurun seiring dengan meningkatnya persentase abu ampas tebu yang digunakan. Hasil penelitian yang dilakukan pada kali ini memiliki persamaan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh (T.F.Goshu., 2018), dimana semakin bertambahnya persentase abu ampas tebu yang digunakan maka akan semakin menurunkan nilai berat jenis kering beton alir.

#### 4.12 Pengujian Resapan Beton Alir

Berikut merupakan hasil dan analisa dari pengujian resapan beton alir

Tabel 4.54 Hasil Pengujian Resapan Beton Alir

Persentase AAT	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Resapan (%)	Rata – Rata (%)
0%	3874gr	3723gr	4,055%	4,078%
	3807gr	3657gr	4,101%	
2,5%	3791gr	3638gr	4,205%	4,133%
	4022gr	3865gr	4,062%	
5%	3832gr	3671gr	4,385%	4,211%
	3891gr	3740gr	4,037%	
7,5%	3804gr	3642gr	4,440%	4,654%
	3942gr	3759gr	4,868%	
10%	3730gr	3556gr	4,893%	4,922%
	3730gr	3554gr	4,952%	

(Sumber : Penulis., 2021)

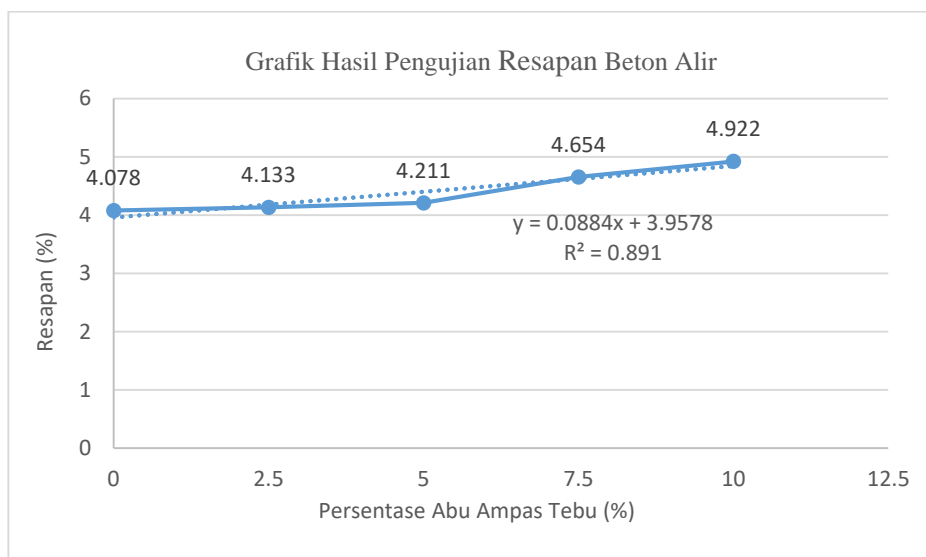
#### Perhitungan :

- Contoh Perhitungan Resapan Beton Alir Komposisi 5%

$$\begin{aligned} \text{Resapan I} &= \frac{\text{Berat Basah} - \text{Berat Kering}}{\text{Berat Kering}} \times 100\% \\ &= \frac{3832 - 3671}{3671} \times 100\% = 4,385\% \end{aligned}$$

- Rata – Rata Resapan Beton Alir Komposisi 5%

$$\begin{aligned} \text{Rata – Rata} &= \frac{\text{Resapan I} + \text{Resapan II}}{2} \\ &= \frac{4,385 + 4,037}{2} = 4,211\% \end{aligned}$$



Gambar 4.32 Grafik Hasil Pengujian Resapan Beton Alir  
(Sumber : Penulis., 2021)

Berdasarkan tabel dan gambar grafik diatas, nilai resapan beton alir mengalami tren peningkatan, dimana didapatkan nilai resapan beton alir substitusi parsial menggunakan abu ampas tebu persentase 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% secara berturut turut sebesar 4,078%, 4,133%, 4,211%, 4,654% dan 4,922%. Nilai resapan beton alir paling maksimum terdapat pada substitusi parsial menggunakan abu ampas tebu persentase 10% dengan memberikan nilai sebesar 4,922% dan untuk nilai resapan paling rendah terdapat pada beton normal dengan memberikan nilai sebesar 4,078%.

Faktor yang mempengaruhi dari nilai resapan beton alir yaitu terdapat pada modulus kehalusan pada bahan abu ampas tebu yang digunakan. Semakin besar modulus kehalusan yang digunakan dalam pembuatan beton alir, maka air yang terserap juga akan semakin banyak. Sehingga, tidak menutup kemungkinan apabila persentase abu ampas tebu yang digunakan semakin banyak maka nilai resapan beton alir juga akan semakin besar, dan begitu pula sebaliknya. Selain faktor tersebut, menurut (Pangestuti, E. Kanti., 2014), abu ampas tebu memiliki sifat hidrolisis (menyerap air). Dengan demikian, maka mengakibatkan daya serap akan semakin besar seiring dengan bertambah banyaknya persentase abu ampas tebu yang digunakan dalam pembuatan beton alir.

#### 4.13 Pengujian Kuat Tekan Beton Alir

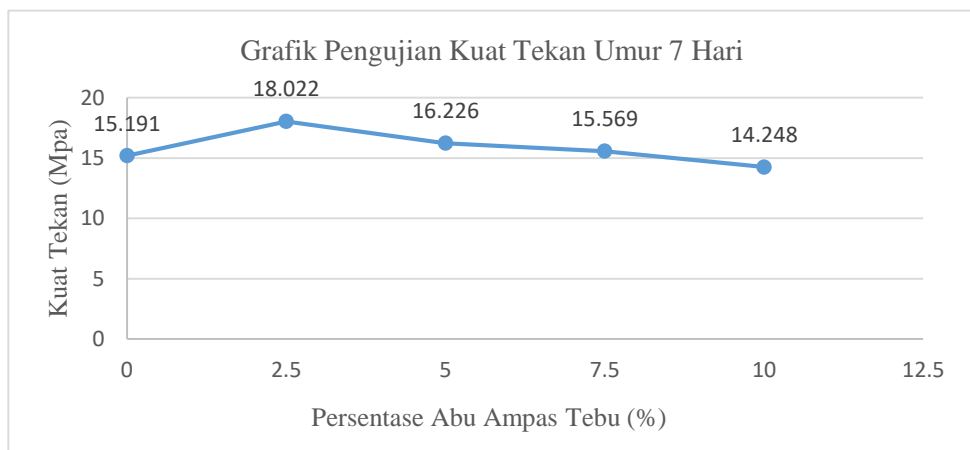
Berikut merupakan hasil dan analisa dari pengujian kuat tekan beton alir mulai dari umur 7, 21 dan 28 hari.

##### - Kuat Tekan Beton Alir Umur 7 Hari

Tabel 4.55 Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 7 Hari

Persentase AAT	Berat Kering (gr)	Kuat Tekan (Ton)	$f'c$ (Mpa)	Rata – Rata (Mpa)
0%	13.000gr	22Ton	12,455Mpa	15,191Mpa
	13.200gr	29,5Ton	16,702Mpa	
	12.900gr	29Ton	16,418Mpa	
2,5%	13.100gr	27,5Ton	15,569Mpa	18,022Mpa
	13.120gr	30,5Ton	17,268Mpa	
	13.000gr	37,5Ton	21,231Mpa	
5%	13.070gr	30,5Ton	17,268Mpa	16,226Mpa
	13.100gr	27,5Ton	15,560Mpa	
	13.200gr	28Ton	15,852Mpa	
7,5%	13.000gr	25,5Ton	14,437Mpa	15,569Mpa
	12.980gr	25,5Ton	14,437Mpa	
	12.900gr	31,5Ton	17,834Mpa	
10%	12.800gr	23,5Ton	13,305Mpa	14,248Mpa
	12.800gr	25Ton	14,154Mpa	
	12.800gr	27Ton	15,286Mpa	

(Sumber : Penulis., 2021)



Gambar 4.33 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 7 Hari

(Sumber : Penulis., 2021)

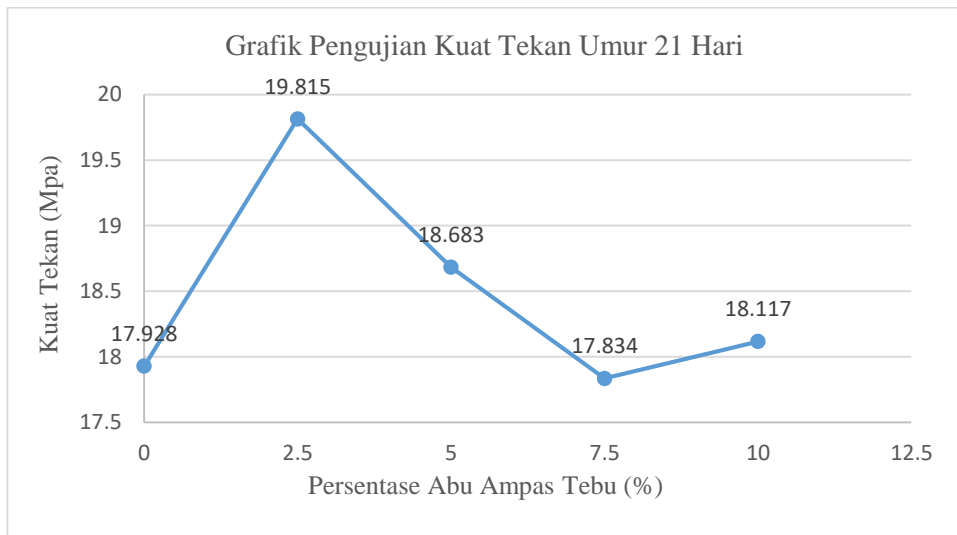
Berdasarkan tabel dan gambar grafik diatas, didapatkan nilai pengujian kuat tekan beton alir umur 7 hari dengan persentase abu ampas tebu 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% secara berturut – turut sebesar 15,191Mpa, 18,022Mpa, 16,226Mpa, 15,669Mpa dan 14,248Mpa. Nilai kuat tekan beton alir terbesar terjadi pada persentase abu ampas tebu 2,5% dengan memberikan nilai kuat tekan sebesar 18,022Mpa, sedangkan untuk nilai kuat tekan terkecil beton alir terjadi pada persentase abu ampas tebu 10% dengan memberikan nilai kuat tekan sebesar 14,248Mpa.

- **Kuat Tekan Beton Alir Umur 21 Hari**

Tabel 4.56 Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 21 Hari

Persentase AAT	Berat Kering (gr)	Kuat Tekan (Ton)	$f'c$ (Mpa)	Rata – Rata (Mpa)
0%	12.900gr	34Ton	19,249Mpa	17,928Mpa
	12.900gr	29Ton	16,418Mpa	
	13.000gr	32Ton	18,117Mpa	
2,5%	12.900gr	36Ton	20,382Mpa	19,815Mpa
	12.900gr	33Ton	18,683Mpa	
	13.100gr	36Ton	20,382Mpa	
5%	13.150gr	35,5Ton	20,099Mpa	18,683Mpa
	13.100gr	33Ton	18,683Mpa	
	13.120gr	30,5Ton	17,268Mpa	
7,5%	13.000gr	26,5Ton	15,003Mpa	17,834Mpa
	13.000gr	29,5Ton	16,702Mpa	
	13.000gr	38,5Ton	21,797Mpa	
10%	13.100gr	25Ton	14,154Mpa	18,117Mpa
	12.900gr	36Ton	20,382Mpa	
	13.000gr	35Ton	19,815Mpa	

(Sumber : Penulis., 2021)



Gambar 4.34 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 21 Hari  
(Sumber : Penulis., 2021)

Berdasarkan tabel dan gambar grafik diatas, didapatkan nilai pengujian kuat tekan beton alir umur 21 hari dengan persentase abu ampas tebu 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% secara berturut – turut sebesar 17,928Mpa, 19,815Mpa, 18,683Mpa, 17,834Mpa dan 18,117Mpa. Nilai kuat tekan beton alir terbesar terjadi pada persentase abu ampas tebu 2,5% dengan memberikan nilai kuat tekan sebesar 19,815Mpa, sedangkan untuk nilai kuat tekan beton alir terkecil terjadi pada persentase abu ampas tebu 7,5% dengan memberikan nilai kuat tekan sebesar 17,834Mpa.

- **Kuat Tekan Beton Alir Umur 28 Hari**

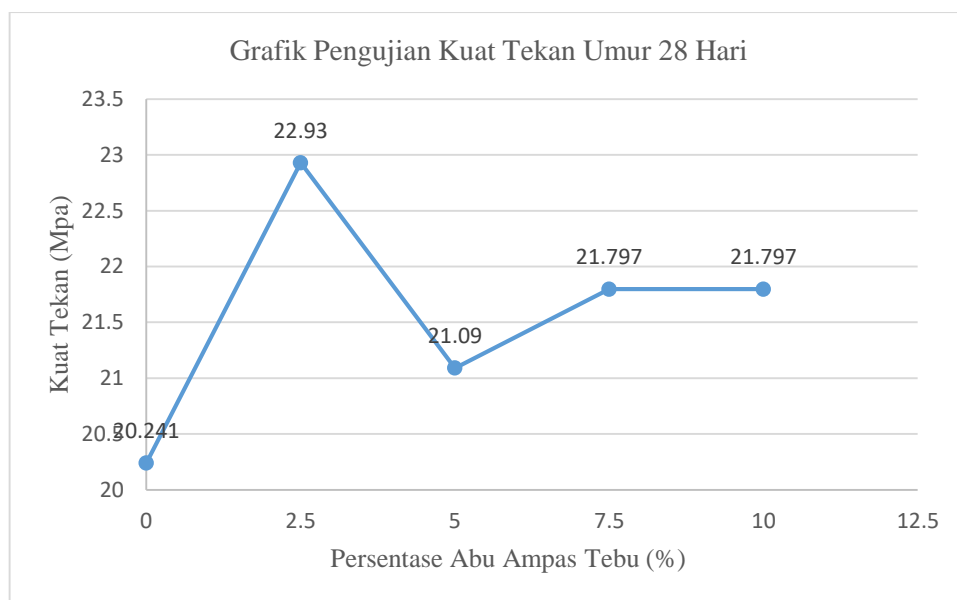
Tabel 4.57 Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari

Persentase AAT	Berat Kering (gr)	Kuat Tekan (Ton)	$f'c$ (Mpa)	Rata – Rata (Mpa)
0%	13.000gr	30Ton	16,985Mpa	20,241Mpa
	13.100gr	36Ton	20,382Mpa	
	13.100gr	35,5Ton	20,099Mpa	
2,5%	13.200gr	35,5Ton	20,099Mpa	22,930Mpa
	13.300gr	45Ton	25,477Mpa	
	13.300gr	36Ton	20,382Mpa	
5%	13.100gr	38Ton	21,514Mpa	21,090Mpa
	13.050gr	36,5Ton	20,665Mpa	
	13.000gr	33Ton	18,683Mpa	

Tabel 4.57 Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari (Lanjutan)

Persentase AAT	Berat Kering (gr)	Kuat Tekan (Ton)	$f'c$ (Mpa)	Rata – Rata (Mpa)
7,5%	13.100gr	40,5Ton	22,929Mpa	21.797Mpa
	13.100gr	42,5Ton	24,062Mpa	
	13.100gr	36,5Ton	20,665Mpa	
10%	12.900gr	39Ton	22,080Mpa	21.797Mpa
	12.900gr	41Ton	23,213Mpa	
	12.900gr	38Ton	21,514Mpa	

(Sumber : Penulis., 2021)



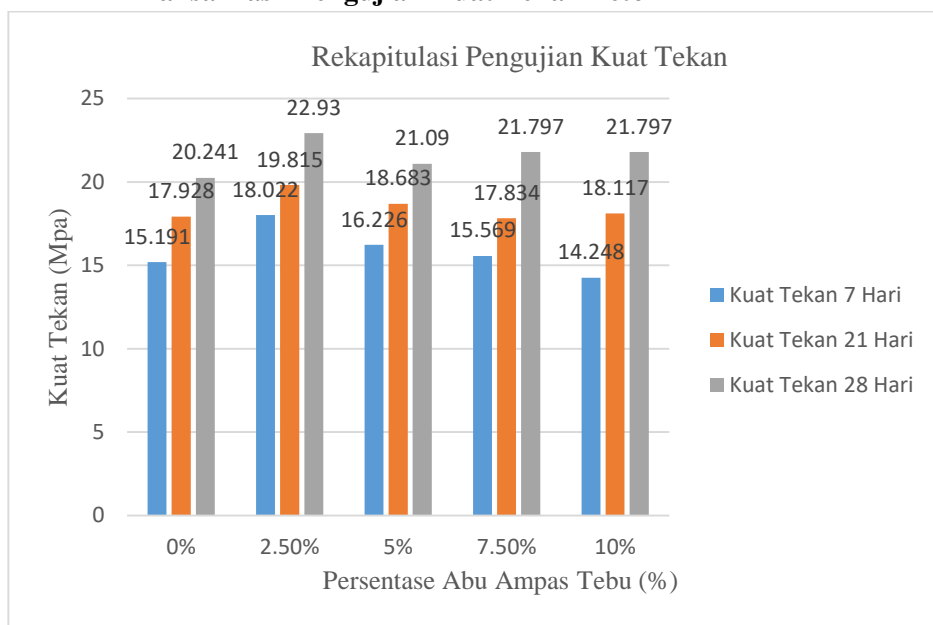
Gambar 4.35 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari

(Sumber : Penulis., 2021)

Berdasarkan tabel dan gambar grafik diatas, didapatkan nilai pengujian kuat tekan beton alir umur 28 hari dengan persentase abu ampas tebu 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% secara berturut – turut sebesar 20,241Mpa, 22,930Mpa, 21,090Mpa, 21,797Mpa dan 21,797Mpa. Nilai kuat tekan terbesar terjadi pada persentase abu ampas tebu 2,5% dengan memberikan nilai kuat tekan sebesar 22,930Mpa, sedangkan untuk nilai kuat tekan terkecil terjadi pada persentase abu ampas tebu 0% dengan memberikan nilai kuat tekan sebesar 20,241Mpa.

Pada perhitungan nilai kuat tekan beton alir umur 28 hari ini, menggunakan perhitungan rata – rata nilai kuat tekan dari dua benda uji dari setiap persentase abu ampas tebu yang digunakan. Hal ini dikarenakan ketika melakukan pelaksanaan pengecoran, setiap sekali pengecoran dapat membuat dua buah silinder benda uji, sehingga untuk menghitung nilai kuat tekan beton alir umur 28 hari ini juga dilakukan dengan menggunakan rata – rata nilai kuat tekan dari dua benda uji yang dilakukan pengecoran dalam sekali waktu yang bersamaan

- **Analisa Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Alir**



Gambar 4.36 Rekapitulasi Pengujian Kuat Tekan Beton Alir

(Sumber : Penulis., 2021)

Berdasarkan gambar grafik diatas, untuk nilai kuat tekan awal atau pada saat umur 7 hari mengalami peningkatan pada persentase abu ampas tebu 2,5%, 5% dan 7,5% dari beton kontrol (persentase abu ampas tebu 0%). Hal ini dikarenakan ketika reaksi hidrasi semen menghasilkan senyawa  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , silika oksida ( $\text{SiO}_2$ ) yang terkandung dalam abu ampas tebu dapat mengikat senyawa  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dengan baik, baik dalam hal ini memiliki pengertian bahwa silika oksida ( $\text{SiO}_2$ ) yang dibutuhkan untuk mengikat senyawa  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  memiliki kadar yang tepat. Sehingga, pengikatan antara senyawa silika oksida ( $\text{SiO}_2$ ) yang dimiliki oleh abu ampas tebu dengan senyawa  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  yang

merupakan hasil dari reaksi hidrasi semen akan membentuk senyawa baru berupa  $C_3S_2H_3$ . Menurut (Rompas, G. Phillip, dkk., 2013), senyawa  $C_3S_2H_3$  ini memiliki sifat perekat sama seperti semen. Dengan demikian, maka akan menyebabkan kuat tekan pada persentase abu ampas tebu 2,5%, 5% dan 7,5% mengalami peningkatan kuat tekan daripada beton kontrol. Pada persentase abu ampas tebu sebesar 10% mengalami penurunan nilai kuat tekan daripada beton kontrol (persentase abu ampas tebu 0%). Hal itu dikarenakan pada saat melakukan pengujian kuat tekan benda uji dikeluarkan dari kolam curing sehari sebelum pengujian, dimana pada saat melakukan pengujian kuat tekan didapatkan bahwa masih terdapat beberapa bagian pada permukaan luar beton alir yang masih dalam keadaan sedikit jenuh permukaan. Sehingga, dengan hal yang demikian dapat membuat kuat tekan dari beton alir persentase abu ampas tebu sebesar 10% tidak dapat maksimal dan cenderung akan menurun.

Pada saat umur 21 hari, nilai kuat tekan persentase abu ampas tebu 2,5%, 5% dan 10% mengalami peningkatan nilai kuat tekan daripada beton kontrol, sedangkan untuk persentase abu ampas tebu 7,5% mengalami penurunan kuat tekan dibandingkan dengan beton kontrol (persentase abu ampas tebu 0%). Hal ini dikarenakan pada saat menyiapkan *mold* untuk cetakan benda uji terlalu banyak dilapisi dengan oli, sehingga menyebabkan pada saat beton segar dimasukkan kedalam *mold* beton segar bercampur dengan oli, dimana dalam hal ini dapat menyebabkan terganggunya reaksi antara bahan penyusun beton alir yang satu dengan bahan penyusun yang lainnya. Dengan demikian, maka akan berdampak pada nilai kuat tekan beton alir.

Pada saat umur beton sudah mencapai 28 hari, maka kekuatan beton sudah mencapai 100%. Dalam hal ini memiliki pengertian bahwa senyawa yang satu dengan senyawa yang lainnya telah saling mengikat dengan baik, terlebih senyawa silika oksida ( $SiO_2$ ) yang dimiliki oleh abu ampas tebu dengan senyawa  $Ca(OH_2)$  yang dihasilkan dari reaksi hidrasi semen.

Berdasarkan gambar 4.36, didapatkan hasil bahwa setelah persentase abu ampas tebu sebesar 2,5% terjadi penurunan nilai kuat tekan. Hal ini dikarenakan jumlah kandungan silika oksida ( $SiO_2$ ) yang terdapat pada abu ampas tebu tidak dapat bereaksi dengan jumlah kandungan senyawa  $Ca(OH_2)$  sepenuhnya, sehingga menyebabkan jumlah silika oksida ( $SiO_2$ ) yang tidak dapat bereaksi dengan senyawa  $Ca(OH_2)$  akan menjadi *filler* dalam rongga antara pasta semen dengan agregat. Maka dari itu, semakin banyak abu ampas tebu yang digunakan maka akan menyebabkan banyaknya *filler* dalam beton alir yang mengakibatkan akan cenderung menurunkan nilai kuat tekan beton alir.



#### 4.14 Perhitungan Standard Deviasi Beton Alir

##### - Perhitungan Standard Deviasi Persentase Abu Ampas Tebu 0%

Berikut merupakan perhitungan standard deviasi persentase abu ampas tebu 0%

Tabel 4.58 Perhitungan Standard Deviasi Persentase Abu Ampas Tebu 0 %

No.	Umur	F'c (Mpa)	Faktor Konversi	F'c Konversi (Mpa)	$(X - X_i)^2$
1.	7 Hari	12,455	0,65	19,161	1,703
2.	7 Hari	16,702	0,65	25,695	27,342
3.	7 Hari	16,418	0,65	25,258	22,962
4.	21 Hari	19,249	0,95	20,262	0,0416
5.	21 Hari	16,418	0,95	17,282	10,137
6.	21 Hari	18,117	0,95	19,070	1,948
7.	28 Hari	16,985	1,00	16,985	12,117
8.	28 Hari	20,382	1,00	20,382	0,0070
9.	28 Hari	20,099	1,00	20,099	0,134
Jumlah				184,194	76,392
$X_i = 20,466$					
$S_d = 3,088$					

(Sumber : Penulis., 2021)

##### Perhitungan :

- Rata – Rata ( $X_i$ ) =  $\frac{\sum f'c \text{ konversi}}{\text{jumlah benda uji}}$   
 $= \frac{184,194}{9} = 20,466\text{Mpa}$
- Contoh Perhitungan  $(X - X_i)^2$  nomor 5 =  $(X - X_i)^2$   
 $= (17,282 - 20,466)^2 = 10,137\text{Mpa}$
- Standard Deviasi ( $S_d$ ) =  $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - X_i)^2}{n - 1}}$   
 $= \sqrt{\frac{76,392}{8}} = 3,08\text{Mpa}$

Berdasarkan tabel 2.10 Nilai Standard Deviasi Beton Kontrol  $f'c \leq 5000\text{Psi}$  (35Mpa); hal – 32, dengan nilai standard deviasi 3,088 termasuk dalam kategori *very good* (2.8 to 3.4) untuk kelas general construction control, dan termasuk dalam kategori *poor* (Above 2.4) untuk kelas laboratory trial batch.

- **Perhitungan Standard Deviasi Persentase Abu Ampas Tebu 2,5%**  
Berikut merupakan perhitungan standard deviasi persentase abu ampas tebu 2,5%

Tabel 4.59 Perhitungan Standard Deviasi Persentase Abu Ampas Tebu 2,5 %

No.	Umur	F'c (Mpa)	Faktor Konversi	F'c Konversi (Mpa)	$(X - X_i)^2$
1.	7 Hari	15,569	0,65	23,952	0,184
2.	7 Hari	17,268	0,65	26,566	9,259
3.	7 Hari	21,231	0,65	32,663	83,539
4.	21 Hari	20,382	0,95	21,454	4,280
5.	21 Hari	18,683	0,95	19,666	14,876
6.	21 Hari	20,382	0,95	21,454	4,280
7.	28 Hari	20,099	1,00	20,099	11,273
8.	28 Hari	25,477	1,00	25,477	3,818
9.	28 Hari	20,382	1,00	20,382	9,865
Jumlah				211,713	141,824
$X_i = 23,523$					
$S_d = 4,210$					

(Sumber : Penulis., 2021)

**Perhitungan :**

- Rata – Rata ( $X_i$ ) =  $\frac{\sum f'c \text{ konversi}}{\text{jumlah benda uji}}$   
 $= \frac{211,713}{9} = 23,523 \text{ Mpa}$
- Contoh Perhitungan  $(X - X_i)^2$  nomor 9 =  $(X - X_i)^2$   
 $= (20,382 - 23,523)^2 = 9,865 \text{ Mpa}$
- Standard Deviasi ( $S_d$ ) =  $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - X_i)^2}{n - 1}}$   
 $= \sqrt{\frac{141,824}{8}} = 4,21 \text{ Mpa}$

Berdasarkan tabel 2.10 Nilai Standard Deviasi Beton Kontrol  $f'c \leq 5000 \text{ Psi}$  (35Mpa); hal – 32, dengan nilai standard deviasi 4,210 termasuk dalam kategori *fair* (4.1 to 4.8) untuk kelas general construction control, dan termasuk dalam kategori *poor* (Above 2.4) untuk kelas laboratory trial batch.

- **Perhitungan Standard Deviasi Persentase Abu Ampas Tebu 5%**

Berikut merupakan perhitungan standard deviasi persentase abu ampas tebu 5%

Tabel 4.60 Perhitungan Standard Deviasi Persentase Abu Ampas Tebu 5%

No.	Umur	F'c (Mpa)	Faktor Konversi	F'c Konversi (Mpa)	$(X - X_i)^2$
1.	7 Hari	17,268	0,65	26,566	24,265
2.	7 Hari	15,569	0,65	23,952	5,345
3.	7 Hari	15,852	0,65	24,387	7,546
4.	21 Hari	20,099	0,95	21,156	0,234
5.	21 Hari	18,683	0,95	19,666	3,896
6.	21 Hari	17,268	0,95	18,176	11,999
7.	28 Hari	21,514	1,00	21,514	0,0158
8.	28 Hari	20,665	1,00	20,665	0,950
9.	28 Hari	18,683	1,00	18,683	8,743
Jumlah				194,765	62,993
$X_i = 21,640$					
$S_d = 2,80$					

(Sumber : Penulis., 2021)

**Perhitungan :**

- Rata – Rata ( $X_i$ ) =  $\frac{\sum f'c \text{ konversi}}{\text{jumlah benda uji}}$   
 $= \frac{194,765}{9} = 21,640\text{Mpa}$
- Contoh Perhitungan  $(X - X_i)^2$  nomor 3 =  $(X - X_i)^2$   
 $= (24,387 - 21,640)^2 = 7,546\text{Mpa}$
- Standard Deviasi ( $S_d$ ) =  $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - X_i)^2}{n - 1}}$   
 $= \sqrt{\frac{62,993}{8}} = 2,80\text{Mpa}$

Berdasarkan tabel 2.10 Nilai Standard Deviasi Beton Kontrol  $f'c \leq 5000\text{Psi}$  (35Mpa); hal – 32, dengan nilai standard deviasi 2,80 termasuk dalam kategori *very good* (2.8 to 3.4) untuk kelas general construction control, dan termasuk dalam kategori *poor* (Above 2.4) untuk kelas laboratory trial batch.

- **Perhitungan Standard Deviasi Persentase Abu Ampas Tebu 7,5%**  
Berikut merupakan perhitungan standard deviasi persentase abu ampas tebu 7,5%

Tabel 4.61 Perhitungan Standard Deviasi Persentase Abu Ampas Tebu 7,5%

No.	Umur	F'c (Mpa)	Faktor Konversi	F'c Konversi (Mpa)	$(X - X_i)^2$
1.	7 Hari	14,437	0,65	22,210	0,204
2.	7 Hari	14,437	0,65	22,210	0,204
3.	7 Hari	17,834	0,65	27,436	32,239
4.	21 Hari	15,003	0,95	15,792	35,593
5.	21 Hari	16,702	0,95	17,581	17,447
6.	21 Hari	21,797	0,95	22,944	1,406
7.	28 Hari	22,929	1,00	22,929	1,371
8.	28 Hari	24,062	1,00	24,062	5,308
9.	28 Hari	20,665	1,00	20,665	1,194
Jumlah				195,829	94,966
$X_i = 21,758$					
$S_d = 3,40$					

(Sumber : Penulis., 2021)

**Perhitungan :**

- Rata – Rata ( $X_i$ ) =  $\frac{\sum f'c \text{ konversi}}{\text{jumlah benda uji}}$   
=  $\frac{195,829}{9} = 21,758\text{Mpa}$
- Contoh Perhitungan  $(X - X_i)^2$  nomor 4 =  $(X - X_i)^2$   
=  $(15,792 - 21,758)^2 = 35,593\text{Mpa}$
- Standard Deviasi ( $S_d$ ) =  $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - X_i)^2}{n - 1}}$   
=  $\sqrt{\frac{94,966}{8}} = 3,40\text{Mpa}$

Berdasarkan tabel 2.10 Nilai Standard Deviasi Beton Kontrol  $f'c \leq 5000\text{Psi}$  (35Mpa); hal – 32, dengan nilai standard deviasi 3,40 termasuk dalam kategori *very good* (2.8 to 3.4) untuk kelas general construction control, dan termasuk dalam kategori *poor* (Above 2.4) untuk kelas laboratory trial batch.

- **Perhitungan Standard Deviasi Persentase Abu Ampas Tebu 10%**

Berikut merupakan perhitungan standard deviasi persentase abu ampas tebu 10%

Tabel 4.62 Perhitungan Standard Deviasi Persentase Abu Ampas Tebu 10%

No.	Umur	F'c (Mpa)	Faktor Konversi	F'c Konversi (Mpa)	$(X - X_i)^2$
1.	7 Hari	13,305	0,65	20,469	0,380
2.	7 Hari	14,154	0,65	21,775	0,474
3.	7 Hari	15,286	0,65	23,516	5,904
4.	21 Hari	14,154	0,95	14,898	38,291
5.	21 Hari	20,382	0,95	21,454	0,135
6.	21 Hari	19,815	0,95	20,857	0,0524
7.	28 Hari	22,080	1,00	22,080	0,988
8.	28 Hari	23,213	1,00	23,213	4,524
9.	28 Hari	21,514	1,00	21,514	0,183
Jumlah				189,776	50,931
$X_i = 21,086$					
$S_d = 2,52$					

(Sumber : Penulis., 2021)

**Perhitungan :**

- Rata – Rata ( $X_i$ ) =  $\frac{\sum f'c \text{ konversi}}{\text{jumlah benda uji}}$   
 $= \frac{189,776}{9} = 21,086\text{Mpa}$
- Contoh Perhitungan  $(X - X_i)^2$  nomor 6 =  $(X - X_i)^2$   
 $= (20,857 - 21,086)^2 = 0,0524\text{Mpa}$
- Standard Deviasi ( $S_d$ ) =  $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - X_i)^2}{n - 1}}$   
 $= \sqrt{\frac{50,931}{8}} = 2,52\text{Mpa}$

Berdasarkan tabel 2.10 Nilai Standard Deviasi Beton Kontrol  $f'c \leq 5000\text{Psi}$  (35Mpa); hal – 32, dengan nilai standard deviasi 2,52 termasuk dalam kategori *excellent (below 2.8)* untuk kelas general construction control, dan termasuk dalam kategori *poor (Above 2.4)* untuk kelas laboratory trial batch.

- **Analisa Rekapitulasi Perhitungan Standard Deviasi ( $S_d$ )**

Analisa rekapitulasi perhitungan standard deviasi akan disediakan dalam bentuk tabel seperti dibawah ini

Tabel 4.63 Rekapitulasi Perhitungan Standard Deviasi

Persentase AAT	Nilai Standard Deviasi ( $S_d$ )	Kelas Standard Deviasi ( $S_d$ )	
		General construction control	Laboratory trial batch
0%	3,08Mpa	<i>Very Good</i>	<i>Poor</i>
2,5%	4,21Mpa	<i>Fair</i>	<i>Poor</i>
5%	2,82Mpa	<i>Very Good</i>	<i>Poor</i>
7,5%	3,40Mpa	<i>Very Good</i>	<i>Poor</i>
10%	2,52Mpa	<i>Excellent</i>	<i>Poor</i>
Rata – Rata	3,20Mpa	<i>Very Good</i>	<i>Poor</i>

(Sumber : Penulis., 2021)

Berdasarkan kelas standard deviasi ( $S_d$ ) general construction control, didapatkan bahwa persentase abu ampas tebu 0%, 5% dan 7,5% memiliki kategori standard deviasi ( $S_d$ ) *very good*, untuk persentase abu ampas tebu 10% memiliki kategori standard deviasi ( $S_d$ ) *excellent*, dan untuk persentase 2,5% memiliki kategori standard deviasi ( $S_d$ ) *fair*. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa pembuatan benda uji beton alir jika dirata – rata termasuk kedalam kategori standard deviasi ( $S_d$ ) *very good* untuk kelas general construction control. Untuk kelas laboratory trial batch, didapatkan bahwa mulai dari persentase abu ampas tebu 0% hingga 10% memiliki kategori standard deviasi ( $S_d$ ) *poor*.

#### 4.15 Perhitungan Biaya Pembuatan Beton Alir

Perhitungan biaya dalam pembuatan beton alir *substitusi parsial* dengan abu ampas tebu dilakukan dengan tujuan agar dapat mengetahui persentase dari abu ampas tebu mana yang memiliki nilai biaya yang paling ekonomis. Berikut merupakan perhitungan biaya yang dibutuhkan pada saat melakukan pembuatan beton alir substitusi parsial dengan abu ampas tebu persentase 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%

- **Harga Bahan Baku Pembuatan Beton Alir**

Harga bahan baku pembuatan beton alir bisa dapat berubah – ubah sesuai dengan tempat pembelian material, domisili wilayah pembuatan beton alir, dan waktu pembuatan beton alir. Berikut merupakan harga

bahan material yang berasal dari Toko Bintang Jaya Surabaya dan PT Adya Mandala Persada Surabaya pada tanggal 23 November 2020.

Tabel 4.64 Harga Bahan Baku Pembuatan Beton Alir

Bahan Baku	Harga Bahan Baku	Harga Satuan
Semen PCC	Rp. 55.000,- / 40kg	Rp. 1.375/kg
Agregat Halus	Rp. 162.500,- / 500kg	Rp. 325/kg
Agregat Kasar 10 – 20	Rp. 150.000,- / 500kg	Rp. 300/kg
Agregat Kasar 5 – 10	Rp. 143.000,- / 1.000kg	Rp. 143/kg
Sika Viscocrete 3115 – n	Rp. 308.800,- / 5,3kg	Rp. 58,265/kg
Abu Ampas Tebu	Rp. 0,-	Rp. 0,-
Air Suling	Rp. 0,-	Rp. 0,-

(Sumber : Penulis., 2021)

- **Biaya Pembuatan Beton Alir Persentase Abu Ampas Tebu 0%**

Berikut merupakan perhitungan biaya pembuatan beton alir persentase 0% per 3 benda uji ukuran 15cm x 30cm

Tabel 4.65 Biaya Pembuatan Beton Alir Persentase 0%

Bahan Baku	Jumlah Kebutuhan	Harga Satuan	Total Harga
Semen PCC	9,05kg	Rp. 1.375/kg	Rp. 12.444,-
Agregat Halus	18,246kg	Rp. 325/kg	Rp. 5.930,-
Agregat Kasar 10 – 20	12,256kg	Rp. 300/kg	Rp. 3.677,-
Agregat Kasar 5 – 10	3,955kg	Rp. 143/kg	Rp. 566,-
Sika Viscocrete 3115 – n	0,135kg	Rp. 58,265/kg	Rp. 7.866,-
Abu Ampas Tebu	0	Rp. 0,-	Rp. 0,-
Air Suling	3,541	Rp. 0,-	Rp. 0,-
Jumlah			Rp. 30.483,-
Biaya untuk 1 benda uji			Rp. 10.161,-

(Sumber : Penulis., 2021)

Berdasarkan tabel diatas, didapatkan biaya pembuatan beton alir persentase abu ampas tebu 0% sebesar Rp. 30.483,- per 3 benda uji ukuran 15cm x 30cm, sedangkan untuk biaya pembuatan beton alir 1 benda uji ukuran 15cm x 30cm dibutuhkan biaya sebesar Rp. 10.161,-.

- **Biaya Pembuatan Beton Alir Persentase Abu Ampas Tebu 2,5%**

Berikut merupakan perhitungan biaya pembuatan beton alir persentase 2,5% per 3 benda uji ukuran 15cm x 30cm

Tabel 4.66 Biaya Pembuatan Beton Alir Persentase 2,5%

Bahan Baku	Jumlah Kebutuhan	Harga Satuan	Total Harga
Semen PCC	8,98kg	Rp. 1.375/kg	Rp. 12.348,-
Agregat Halus	18,159kg	Rp. 325/kg	Rp. 5.902,-
Agregat Kasar 10 – 20	12,191kg	Rp. 300/kg	Rp. 3.658,-
Agregat Kasar 5 – 10	3,936kg	Rp. 143/kg	Rp. 563,-
Sika Viscocrete 3115 – n	0,138kg	Rp. 58,265/kg	Rp. 8.041,-
Abu Ampas Tebu	0,230kg	Rp. 0,-	Rp. 0,-
Air Suling	3,547kg	Rp. 0,-	Rp. 0,-
Jumlah			Rp. 30.512,-
Biaya untuk 1 benda uji			Rp. 10.170,-

(Sumber : Penulis., 2021)

Berdasarkan tabel diatas, didapatkan biaya pembuatan beton alir persentase abu ampas tebu 2,5% sebesar Rp. 30.512,- per 3 benda uji ukuran 15cm x 30cm, sedangkan untuk biaya pembuatan beton alir 1 benda uji ukuran 15cm x 30cm dibutuhkan biaya sebesar Rp. 10.170,-.

- **Biaya Pembuatan Beton Alir Persentase Abu Ampas Tebu 5%**

Berikut merupakan perhitungan biaya pembuatan beton alir persentase 5% per 3 benda uji ukuran 15cm x 30cm

Tabel 4.67 Biaya Pembuatan Beton Alir Persentase 5%

Bahan Baku	Jumlah Kebutuhan	Harga Satuan	Total Harga
Semen PCC	8,91kg	Rp. 1.375/kg	Rp. 12.252,-
Agregat Halus	18,068kg	Rp. 325/kg	Rp. 5.872,-
Agregat Kasar 10 – 20	12,130kg	Rp. 300/kg	Rp. 3.639,-
Agregat Kasar 5 – 10	3,916kg	Rp. 143/kg	Rp. 560,-
Sika Viscocrete 3115 – n	0,140kg	Rp. 58,265/kg	Rp. 8.157,-
Abu Ampas Tebu	0,468kg	Rp. 0,-	Rp. 0,-
Air Suling	3,550kg	Rp. 0,-	Rp. 0,-
Jumlah			Rp. 30.480,-
Biaya untuk 1 benda uji			Rp. 10.160,-

(Sumber : Penulis., 2021)



Berdasarkan tabel diatas, didapatkan biaya pembuatan beton alir persentase abu ampas tebu 5% sebesar Rp. 30.480,- per 3 benda uji ukuran 15cm x 30cm, sedangkan untuk biaya pembuatan beton alir 1 benda uji ukuran 15cm x 30cm dibutuhkan biaya sebesar Rp. 10.160,-.

- **Biaya Pembuatan Beton Alir Persentase Abu Ampas Tebu 7,5%**

Berikut merupakan perhitungan biaya pembuatan beton alir persentase 7,5% per 3 benda uji ukuran 15cm x 30cm

Tabel 4.68 Biaya Pembuatan Beton Alir Persentase 7,5%

Bahan Baku	Jumlah Kebutuhan	Harga Satuan	Total Harga
Semen PCC	8,835kg	Rp. 1.375/kg	Rp. 12.148,-
Agregat Halus	17,973kg	Rp. 325/kg	Rp. 5.841,-
Agregat Kasar 10 – 20	12,067kg	Rp. 300/kg	Rp. 3.620,-
Agregat Kasar 5 – 10	3,896kg	Rp. 143/kg	Rp. 557,-
Sika Viscocrete 3115 – n	0,143kg	Rp. 58,265/kg	Rp. 8.332,-
Abu Ampas Tebu	0,716kg	Rp. 0,-	Rp. 0,-
Air Suling	3,553kg	Rp. 0,-	Rp. 0,-
Jumlah			Rp. 30.498,-
Biaya untuk 1 benda uji			Rp. 10.166,-

(Sumber : Penulis., 2021)

Berdasarkan tabel diatas, didapatkan biaya pembuatan beton alir persentase abu ampas tebu 7,5% sebesar Rp. 30.498,- per 3 benda uji ukuran 15cm x 30cm, sedangkan untuk biaya pembuatan beton alir 1 benda uji ukuran 15cm x 30cm dibutuhkan biaya sebesar Rp. 10.166,-.

- **Biaya Pembuatan Beton Alir Persentase Abu Ampas Tebu 10%**

Berikut merupakan perhitungan biaya pembuatan beton alir persentase 10% per 3 benda uji ukuran 15cm x 30cm

Tabel 4.69 Biaya Pembuatan Beton Alir Persentase 10%

Bahan Baku	Jumlah Kebutuhan	Harga Satuan	Total Harga
Semen PCC	8,758kg	Rp. 1.375/kg	Rp. 12.042,-
Agregat Halus	17,874kg	Rp. 325/kg	Rp. 5.809,-
Agregat Kasar 10 – 20	12,000kg	Rp. 300/kg	Rp. 3.600,-
Agregat Kasar 5 – 10	3,874kg	Rp. 143/kg	Rp. 554,-

Tabel 4.69 Biaya Pembuatan Beton Alir Persentase 10% (Lanjutan)

Bahan Baku	Jumlah Kebutuhan	Harga Satuan	Total Harga
Sika Viscocrete 3115 – n	0,145kg	Rp. 58,265/kg	Rp. 8.449,-
Abu Ampas Tebu	0,973kg	Rp. 0,-	Rp. 0,-
Air Suling	3,556kg	Rp. 0,-	Rp. 0,-
Jumlah			Rp. 30.454,-
Biaya untuk 1 benda uji			Rp. 10.151,-

(Sumber : Penulis., 2021)

Berdasarkan tabel diatas, didapatkan biaya pembuatan beton alir persentase abu ampas tebu 10% sebesar Rp. 30.454,- per 3 benda uji ukuran 15cm x 30cm, sedangkan untuk biaya pembuatan beton alir 1 benda uji ukuran 15cm x 30cm dibutuhkan biaya sebesar Rp. 10.151,-.

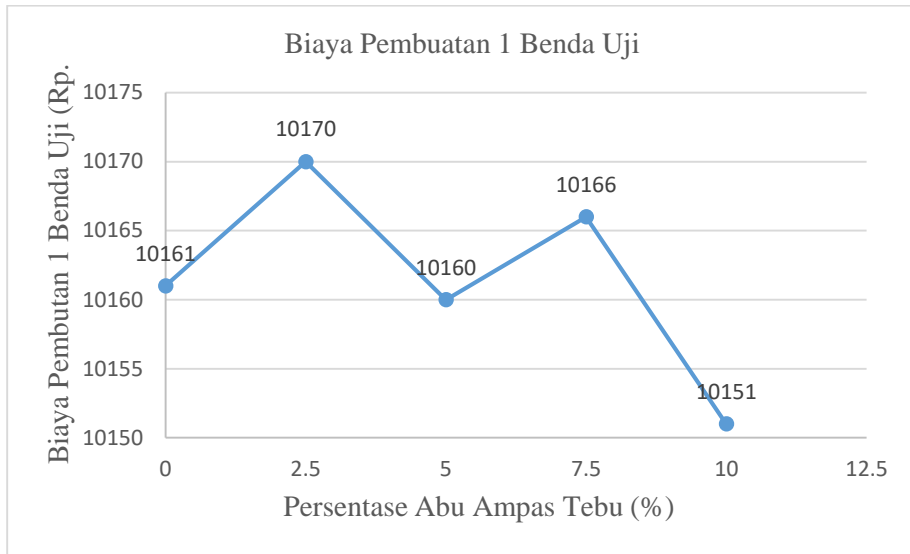
- **Analisa Rekapitulasi Biaya Pembuatan Beton Alir**

Analisa rekapitulasi biaya pembuatan beton alir didasarkan pada biaya pembuatan 1 benda uji ukuran 15cm x 30cm pada setiap persentase abu ampas tebu yang digunakan dan juga nilai kuat tekan beton alir pada saat umur 28 hari . Adapun analisa rekapitulasi biaya pembuatan beton alir akan disediakan dalam bentuk tabel dan juga gambar grafik seperti dibawah ini

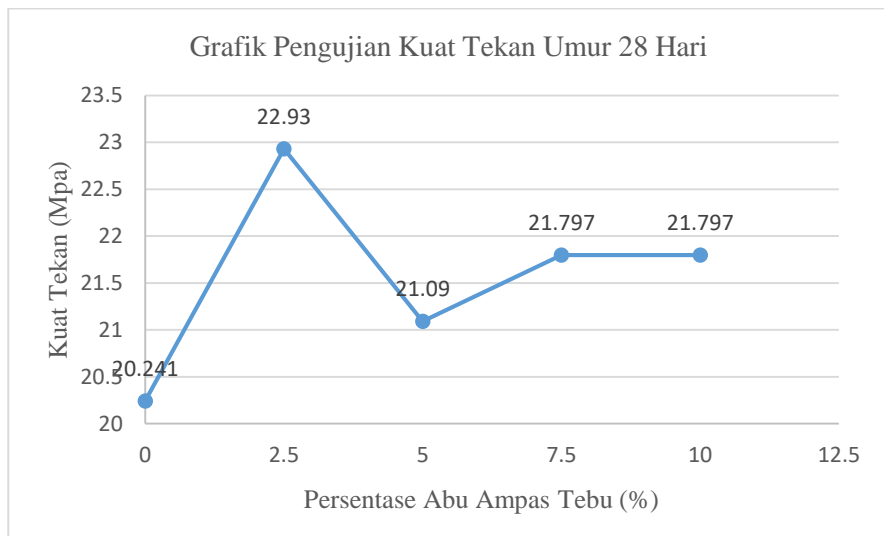
Tabel 4.70 Rekapitulasi Biaya Pembuatan Beton Alir

Persentase Abu Ampas Tebu	Biaya 1 Benda Uji Uk. 15cm x 30cm	Kuat Tekan Umur 28 Hari	Harga Kuat Tekan untuk 1 Mpa
0%	Rp. 10.161,-	20,241Mpa	Rp. 502,001,-
2,5%	Rp. 10.170,-	22,930Mpa	Rp. 443,524,-
5%	Rp. 10.160,-	21,090Mpa	Rp. 481,745,-
7,5%	Rp. 10.166,-	21,797Mpa	Rp. 466,394,-
10%	Rp. 10.151,-	21,797Mpa	Rp. 465,706,-

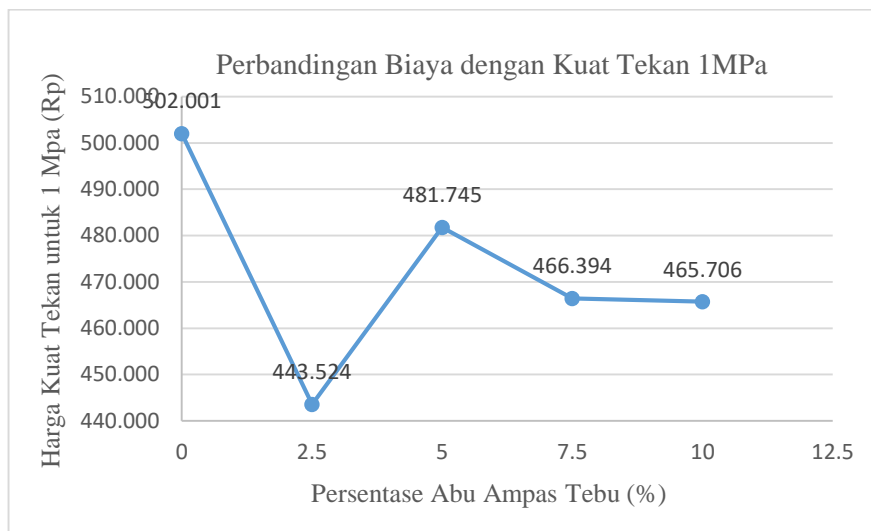
(Sumber : Penulis., 2021)



Gambar 4.37 Biaya Pembuatan Beton Alir untuk 1 Benda Uji  
(Sumber ; Penulis., 2021)



Gambar 4.38 Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari  
(Sumber ; Penulis., 2021)



Gambar 4.39 Perbandingan Biaya dengan Kuat Tekan 1Mpa  
(Sumber ; Penulis., 2021)

Berdasarkan tabel dan gambar grafik diatas, didapatkan biaya kuat tekan beton alir untuk 1 Mpa persentase abu ampas tebu 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% secara berturut – turut sebesar Rp. 502,001, Rp. 443,524, Rp. 481,745, Rp. 466,394, dan Rp. 465,706,-.

Dari tabel dan gambar grafik diatas pula, kita dapat menyimpulkan bahwa persentase abu ampas tebu 2,5% merupakan persentase yang paling optimum, hal itu dikarenakan persentase abu ampas tebu 2,5% merupakan persentase yang paling ekonomis dan efisien daripada persentase abu ampas tebu lainnya. Hal ini dikarenakan persentase abu ampas tebu 2,5% menggunakan biaya paling minimalis untuk menghasilkan nilai kuat tekan beton alir 1 Mpa daripada persentase abu ampas tebu yang lainnya, dimana persentase abu ampas tebu 2,5% membutuhkan biaya sebesar Rp. 443,524,- untuk menghasilkan nilai kuat tekan 1 Mpa. Sedangkan persentase abu ampas tebu 0% merupakan persentase abu ampas tebu yang paling mahal dan tidak efisien. Hal ini dikarenakan pada persentase abu ampas tebu 0% untuk menghasilkan kuat tekan beton alir 1 Mpa membutuhkan biaya sebesar Rp. 502,001,-. Dengan demikian, beton alir persentase abu ampas tebu 2,5% layak dipertimbangkan untuk digunakan dalam pekerjaan konstruksi.