

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Penelitian Terdahulu**

Penelitian terdahulu merupakan penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya, adapun beberapa penelitian yang relevan dengan penelitian yang dilakukan antara lain sebagai berikut :

1. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Fadly Faturahman, 2022) dengan judul penelitian “ Potensi Abu Sekam Padi (ASP) dan Kapur sebagai Material *Pozzolan* Pengganti Semen Keseluruhan Terhadap Kuat Lentur Beton ” dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa Penggunaan kapur (Ca) dan abu sekam padi (ASP) sebagai pengganti semen sepenuhnya dalam uji kuat tekan beton menghasilkan nilai kuat tekan, namun tidak mencapai tingkat kuat tekan beton normal. Hal ini disebabkan oleh penggantian bahan semen dengan Ca dan ASP. Oleh karena itu, terdapat nilai rata-rata kuat tekan beton yaitu Beton Normal memiliki kuat tekan sebesar 26,39 MPa, sementara Ca 50% + ASP 50% memiliki kuat tekan sebesar 2,26 MPa, Ca 70% + ASP 30% memiliki kuat tekan sebesar 1,79 MPa, dan Ca 80% + ASP 20% memiliki kuat tekan sebesar 1,70 MPa.
2. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Rio Ricardo Tambunan, 2023) dengan judul “ Pengaruh Penambahan Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton ” dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa Hasil penurunan kuat

tekan pada beton yang telah mencapai umur 7 hari dengan penggunaan variasi 30% adalah sebesar 1,87 MPa. Ini menunjukkan penurunan sekitar -85,07% jika dibandingkan dengan beton normal yang memiliki kuat tekan sebesar 12,52 MPa. Hal yang serupa juga terjadi pada beton yang telah mencapai umur 14 hari, di mana nilai kuat tekan pada variasi 30% adalah 1,89 MPa, mengalami penurunan sekitar -84,53% jika dibandingkan dengan variasi 0% yang memiliki kuat tekan sebesar 12,22 MPa.

3. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Pinandhityo Aji Nugroho, 2020) dengan judul “ Analisis Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi (*Rice Husk Ash*) Sebagai Upaya Pengurangan Penggunaan Semen *Portland* pada Beton Normal (Menggunakan SNI 7656-2012) ” menunjukkan hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa proporsi campuran yang optimal untuk penggunaan variasi abu sekam padi (*rice husk ash*) terjadi saat menggunakan 5% *rice husk ash* (RHA), menghasilkan kuat tekan ( $f_c$ ) sebesar 30,38 MPa pada umur 28 hari. Ini dapat dianggap telah mencapai target kuat tekan yang telah ditetapkan sebelumnya, yaitu 24 MPa.
4. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Heni Fitriani, 2020) dengan judul “ Pengaruh Limbah Keramik dan Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton ” menunjukkan hasil yang dapat disimpulkan bahwa penambahan limbah keramik dan abu sekam padi sebanyak 5%, 10% dan 15%, pada pengujian beton pada umur 7 hari secara berturut - turut mendapatkan kuat tekan rata - rata maksimum sebesar 25,78 MPa, 25,61 MPa, pada umur beton 14 hari sebesar 19,43 MPa, 19,11 MPa, 23,29 MPa, dan pada umur beton 28

hari mendapatkan kuat tekan maksimum sebesar 21,17 MPa, 17,27 MPa, dan 22,82 MPa.

## 2.2 Beton

Beton adalah bahan komposit (campuran) yang terdiri dari beberapa material campuran antara lain semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton adalah bahan komposit, maka kualitas beton sangat bergantung pada kualitas bahan penyusunnya (Kuncoro, Darwis, and Rahmat 2021). Campuran dari komponen - komponen tersebut harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga menghasilkan kualitas beton yang baik (Samsudin and Hartantyo 2017).

Menurut SNI 2847-2019, Beton (*concrete*) merupakan campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah (*admixture*). Pada saat ini beton merupakan material yang dibuat dengan perencanaan yang teliti, sehingga kekuatannya dapat maksimal, yaitu dengan menggunakan material yang lebih dahulu melalui proses terpilih dan diketahui sifat - sifatnya (Rahamudin, Manalip, and Mondoringin 2016).

Dalam bidang konstruksi beton sering digunakan dan dijumpai karena mempunyai kelebihan terhadap kuat tekan, mudah dibentuk, dirawat, dan dapat digunakan pada berbagai jenis bangunan sipil. Selain itu beton juga dapat dibuat dengan bahan-bahan lokal, oleh karena itu beton sangat sering digunakan. Teknologi beton masih terus dikembangkan dengan berbagai macam cara, salah satu caranya dengan penambahan material untuk menghasilkan beton mutu tinggi (Annisa, dkk, 2019). Campuran bahan-bahan untuk adonan beton harus ditetapkan

dengan suatu perhitungan, sehingga dapat menghasilkan adonan beton yang mudah dikerjakan dan memenuhi kuat tekan rencana yang ditetapkan setelah beton berumur 28 hari. Dengan begitu beton akan mengeras dengan sempurna (Mahendra 2019).

### **2.3 Material Penyusun Beton**

Material yang digunakan dalam penyusun beton yang utama yaitu semen *portland*, agregat halus, agregat kasar dan air dan apabila diperlukan dapat menambahkan bahan tambah dengan persentase tertentu. pada pembuatan campuran beton, untuk mendapatkan beton dengan kualitas yang baik maka material yang digunakan harus memenuhi syarat yang telah ditentukan sehingga menghasilkan kualitas beton dengan mutu kuat tekan yang tinggi. Material - material penyusun beton yang akan digunakan antara lain:

#### **2.3.1 Semen *Portland***

Menurut SNI 2049:2015, semen *Portland* adalah semen *hidrolis* yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *Portland* terutama yang terdiri dari atas dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa *kalsium sulfat* dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. Semen *portland* yang digunakan untuk campuran pembuatan beton, adalah semen yang berbutir halus. Kehalusan butir semen ini dapat diraba/dirasakan dengan tangan. Semen yang tercampur/mengandung guMPalan-guMPalan (meskipun kecil), tidak baik untuk pembuatan beton (Kuncoro, Darwis, and Rahmat 2021).

Ada beberapa jenis semen *portland* yang sesuai dengan tujuan penggunaannya. SNI 2049-2015 mengenal 5 jenis semen *portland*, yaitu :

1. Jenis I, yaitu semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak membutuhkan persyaratan-persyaratan khusus.
2. Jenis II, yaitu semen *portland* untuk penggunaan yang membutuhkan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis III, yaitu semen *portland* yang saat penggunaannya mengharuskan persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikat terjadi.
4. Jenis IV, yaitu semen *portland* yang saat penggunaannya mengharuskan panas hidrasi yang rendah.
5. Jenis V, yaitu semen *portland* yang saat penggunaannya membutuhkan ketahanan yang sangat baik terhadap sulfat.

Persyaratan kimia semen *portland* menurut SNI 2049:2015 harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Syarat Kimia Utama Semen *Portland*

No	Uraian	Jenis Semen <i>Portland</i> (satuan dalam %)				
		I	II	III	IV	V
1	SiO <sub>2</sub> , Min	-	20,0	-	-	-
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Maks	-	6,0	-	-	-
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Maks	-	6,0	-	6,5	-
4	MgO, Maks	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
5	SO <sub>3</sub> , Maks					
	Jika C <sub>3</sub> A ≤ 8,0 Jika C <sub>3</sub> A > 8,0	3,0 3,5	3,0	3,5 4,5	2,3	2,3
6	Hilang pijar, maks	5,0	3,0	3,0	2,5	3,0
7	Bagian tak larut, Maks	3,0	1,5	1,5	1,5	1,5
8	C <sub>3</sub> S, Maks	-	-	-	35	-
9	C <sub>3</sub> S, Min	-	-	-	40	-
10	C <sub>3</sub> A, Maks	-	8,0	15	7	5

11	C <sub>4</sub> AF + 2C <sub>3</sub> A atau C <sub>4</sub> AF + C <sub>2</sub> F, Maks	-	-	-	-	25
----	--	---	---	---	---	----

Sumber : SNI 2049:2015

Persyaratan fisika semen *portland* menurut SNI 2049:2015 harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Syarat Fisika Utama Semen *Portland*

No	Uraian	Jenis Semen <i>Portland</i>				
		I	II	III	IV	V
1	Kehalusan: Uji permeabilitas udara, m <sup>2</sup> /kg Dengan alat: - <i>Turbidimeter</i> , min - <i>Blaine</i> , min	160	160	160	160	160
		280	280	280	280	280
2	Kekekalan: Pemuaiian dengan <i>autoclave</i> , maks %	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
3	Kuat tekan:					
	- Umur 1 hari kg/cm <sup>2</sup> ,min	-	-	120	-	-
	- Umur 3 hari kg/cm <sup>2</sup> ,min	135	100	240	-	80
	- Umur 7 hari kg/cm <sup>2</sup> ,min	215	70	-	70	150
	- Umur 28 hari kg/cm <sup>2</sup> ,min	300	175	-	170	210
4	Waktu pengikat (metode alternatif) dengan alat:					
	a. <i>Gillmore</i>					
	- Awal, menit, minimal	60	60	60	60	60
	- Akhir, menit, maks	600	600	600	600	600
	b. <i>Vicat</i>					
	- Awal, menit, min	45	45	45	45	45
- Akhir, menit, maks	375	375	375	375	375	

Sumber : SNI 2049:2015

### 2.3.2 Agregat Halus

Agregat pada dasarnya menempati 70% sampai 80% dari volume beton sehingga berpengaruh terhadap sifat-sifat beton. Selain penggunaannya sebagai pengisi yang ekonomis, agregat umumnya menghasilkan beton dengan stabilitas dimensi yang lebih baik dan tahan aus. Agregat halus dijadikan bahan *alternative* untuk membentuk beton yang lebih bermutu. Agregat halus dan dengan ukuran yang bervariasi, maka volume pori beton menjadi kecil. Hal ini disebabkan butiran yang lebih kecil akan mengisi pori pada butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit dan beton memiliki kemapatan yang tinggi.

Menurut SNI 03-2834-2000 agregat halus adalah agregat yang semua butirannya lolos dari ayakan berlubang 4,75 mm yang kita kenal sebagai pasir. Jenis agregat ini dapat dibedakan lagi menjadi:

1. Pasir halus:  $\emptyset$  0 -1 mm
2. Pasir kasar:  $\emptyset$  1-5 mm

Menurut SNI 03-2834 (2000), syarat-syarat agregat halus yang baik digunakan untuk bahan campuran beton sebagai berikut:

- a. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%.
- b. Agregat halus tidak mengandung zat organik terlalu banyak, yang dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan 3% NaOH, yaitu warna cairan di atas endapan tidak boleh gelap dari warna standar atau pembanding.
- c. Agregat halus memiliki modulus butir halus antara 1,50-3,80. Agregat halus tidak boleh reaktif terhadap alkali.

- d. Kekekalan jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 10% dan jika dipakai magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 15%.

Pasir dapat diklasifikasikan menjadi empat kelompok berdasarkan tingkat gradasinya dalam SNI 03-2834 (2000) seperti pada Tabel 2. 3

Tabel 2. 3 Batas Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	No.	Persen Berat Butir Yang Lewat Ayakan			
		I	II	III	IV
9,5	3/8 in	100	100	100	100
4,8	No.4	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2,4	No.8	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1,2	No.16	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0,6	No.30	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,3	No.50	5 - 200	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,25	No.100	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

Sumber : SNI-03-2834-2000

Keterangan : - Daerah Gradasi I = Pasir Kasar

- Daerah Gradasi II = Pasir Agak Kasar

- Daerah Gradasi III = Pasir Agak Halus

- Daerah Gradasi IV = Pasir Halus

### 2.3.3 Agregat Kasar

Menurut SNI 03-2834 (2000), agregat kasar adalah agregat yang semua butirannya tertinggal di atas ayakan 4,75 mm, yang biasanya disebut kerikil. Material ini merupakan hasil disintegrasi alami batuan atau dari hasil industri pemecah batu. Butir-butir agregat harus bersifat kekal, artinya tidak pecah ataupun hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan.



Agregat kasar pada beton merupakan agregat berupa kerikil dari hasil disintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu, dan memiliki ukuran butir antara 5 sampai 40 mm. Besar butir maksimum yang diizinkan tergantung pada maksud pemakaian. (Annisa, dkk, 2019). Adapun syarat – syarat agregat kasar dalam (Ma et al. 2019) adalah sebagai berikut :

- a. Agregat kasar memiliki partikel lebih besar daripada 4,75 mm.
- b. Harus berbutir keras dan tidak berpori.
- c. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dari berat kering.
- d. Tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak beton seperti alkali.
- e. Butirannya harus bervariasi, tajam, kuat dan bersudut.

Berdasarkan SNI 03-2834-2000, Batas gradasi agregat kasar dengan diameter maksimum 40,0 mm dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut.

Tabel 2. 4 Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Ayakan (mm)	No.	Persen lolos saringan/ayakan		
		Ukuran Maks. 10 mm	Ukuran Maks. 20 mm	Ukuran Maks. 40 mm
75	3 in	-	-	100 – 100
37,5	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in	-	100 - 100	95 – 100
19,0	<sup>3</sup> / <sub>4</sub> in	100 – 100	95 – 100	35 – 70
9,5	<sup>3</sup> / <sub>8</sub> in	50 – 85	30 – 60	10 – 40
4,75	No.4	0 – 10	0 – 10	0 – 5

Sumber : SNI-03-2834-2000

### 2.3.4 Air

Air adalah bahan pembantu dalam konstruksi bangunan meliputi kegunaannya dalam pembuatan dan perawatan beton, mortar, dan sebagainya (Susanti 2019). Kualitas air sangat mempengaruhi kekuatan beton. Kualitas air erat kaitannya dengan bahan-bahan yang terkandung dalam air tersebut. Air diusahakan agar tidak membuat rongga pada beton, tidak membuat retak pada beton dan tidak membuat korosi pada tulangan yang mengakibatkan beton menjadi rapuh (Kuncoro, Darwis, and Rahmat 2021).

Menurut SNI 2847-2013, Air adalah salah satu bahan penyusun beton yang berfungsi sebagai berikut :

1. Agar memungkinkan terjadinya reaksi kimia yang menyebabkan pemeliharaan dan berlangsungnya pengerasan. Air bereaksi dengan membentuk pasta yang akan mengikat agregat menjadi beton.
2. Sebagai pelinci campuran kerikil dan pasir agar memudahkan pencampuran. Air akan membantu agregat menyebar secara merata dan mudah dipadatkan.

Air yang digunakan sebagai campuran beton harus memenuhi persyaratan tertentu, yaitu:

1. Terhindar dari kotoran dan bahan-bahan lain yang dapat mengganggu reaksi kimia.
2. Tidak mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton, seperti garam, asam, dan minyak.
3. Memiliki pH antara 6,0 dan 8,5.

## 2.4 Abu Sekam Padi

Abu sekam padi merupakan limbah yang dihasilkan dari pembakaran sekam padi. Bila sekam padi dibakar pada suhu yang terkontrol, abu sekam padi yang dihasilkan dari sisa pembakaran mempunyai sifat *pozzolan* yang tinggi karena mengandung *silika*. Abu sekam padi mengandung *silika* sekitar 87-97%, dari kandungan abu sekam padi dapat digunakan sebagai *pozzolan* karena mengandung  $\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$  lebih dari 70% sesuai mutu *pozzolan* yang disyaratkan (Dzulhidayat 2022). Pada pembakaran sekam padi, semua komponen organik diubah menjadi gas *karbondioksida* ( $\text{CO}_2$ ) dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) dan sisa abu yang merupakan komponen anorganik (Kuncoro, Darwis, and Rahmat 2021).

Abu sekam padi merupakan bahan tambah alami yang dapat digunakan untuk campuran beton. Abu sekam padi hasil dari pembakaran sekam padi yang pada saat ini dikenal dengan (*rice husk ash*). Sekam padi mengandung *silika* aktif yang dapat bereaksi dengan kapur bebas dalam air membentuk kalsium *silikat* hidrat. Kalsium silikat hidrat ini akan meningkatkan kekuatan dan durabilitas beton.

Abu sekam padi dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen dalam campuran beton. Abu sekam padi juga dapat digunakan sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengisi dapat mengurangi berat beton. Abu sekam padi ini menjadi bahan tambah yang bersifat ramah lingkungan dan dapat menghemat biaya produksi beton. Oleh karena itu, abu sekam padi dapat menjadi alternatif sebagai bahan tambah yang potensial untuk digunakan dalam industri beton.

Tabel 2. 5 Komposisi Kimia Abu Sekam Padi (Hadipramana et al. 2016).

Abu Sekam Padi	
Komponen	% Berat
CO <sub>2</sub>	0.10%
SiO <sub>2</sub>	89.90%
K <sub>2</sub> O	4.50%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,45%
C <sub>a</sub> O	1,01%
MgO	0,79%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,47%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,46%
MnO	0,14%
S	0<LLD

## 2.5 Tahap Pemeriksaan Material Beton

Pengujian material Beton dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Teknokrat Indonesia untuk mengetahui berapa nilai berat jenis dan penyerapan, kadar air, volume agregat halus, gradasi, dan waktu pengikatan semen dan abu sekam padi. Adapun langkah – langkah pengujian material beton sebagai berikut :

### 2.5.1 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Proses pemeriksaan ini melibatkan pengambilan sampel agregat halus, pengeringan, penimbangan, dan perhitungan persentase kadar air, dan hasilnya digunakan dalam perencanaan campuran beton. Prosedur pemeriksaan kadar air agregat halus/pasir mengikuti pedoman yang diatur dalam SNI 1970:2011. Perhitungan kadar air agregat halus/pasir dapat dilihat pada persamaan 2.1.

$$\text{Kadar Air} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

W1 = Massa benda uji (gram).

W2 = Massa benda uji kering *oven* (gram).

### 2.5.2 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

Proses pemeriksaan ini melibatkan pengambilan sampel agregat kasar, pengeringan, penimbangan, dan perhitungan persentase kadar air, dan hasilnya digunakan dalam perencanaan campuran beton. Prosedur pemeriksaan kadar air agregat kasar/kerikil mengikuti pedoman yang diatur dalam SNI 1970-2011. Perhitungan kadar air agregat halus/pasir dapat dilihat pada persamaan 2.2.

$$\text{Kadar Air} = \frac{W1-W2}{W2} \times 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

W1 = Massa benda uji (gram).

W2 = Massa benda uji kering *oven* (gram).

### 2.5.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Pengujian berat jenis Agregat halus (pasir) merupakan hal yang penting untuk mengetahui menetapkan besar komposisi volume agregat dalam adukan beton. Pengujian berat jenis agregat halus dilakukan berdasarkan SNI 1970:2016 tentang cara uji berat jenis dan spesifikasi karakteristik agregat halus standar interval untuk berat jenis yaitu 1,6-3,3. Perhitungan berat jenis agregat dapat dihitung menggunakan persamaan 2.3- 2.6

1. Berat jenis curah

$$S_d = \frac{A}{(B+S-C)} \dots\dots\dots (2.3)$$

2. Berat jenis jenuh kering permukaan

$$S_s = \frac{S}{(B+S-C)} \dots\dots\dots (2.4)$$

3. Berat jenis semu

$$S_a = \frac{A}{(B+A-C)} \dots\dots\dots(2.5)$$

4. Penyerapan air

$$A_w = \frac{S-A}{A} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

A = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat piknometer berisi air (gram)

C = Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gram)

S = Benda uji kondisi jenuh permukaan (gram)

#### 2.5.4 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pengujian berat jenis Agregat kasar (kerikil) merupakan hal yang penting untuk mengetahui menetapkan besar komposisi volume agregat dalam adukan beton. Pengujian berat jenis agregat halus dilakukan berdasarkan SNI 1969:2016 tentang cara uji berat jenis dan spesifikasi karakteristik agregat halus standar interval untuk berat jenis yaitu 1,6-3,3. Perhitungan berat jenis agregat dapat dihitung menggunakan persamaan 2.7 - 2.10

1. Berat jenis curah

$$S_d = \frac{A}{(B-C)} \dots\dots\dots(2.7)$$

2. Berat jenis jenuh kering permukaan

$$S_s = \frac{B}{(B-C)} \dots\dots\dots(2.8)$$

3. Berat jenis semu

$$S_a = \frac{A}{(A-C)} \dots\dots\dots(2.9)$$

#### 4. Penyerapan air

$$A_w = \frac{B-A}{A} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

A = Berat benda uji kering *oven* (gram)

B = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan diudara (gram)

C = Berat benda uji dalam air (gram)

#### 2.5.5 Analisis Gradasi Butiran Agregat Halus

Pengujian ini adalah salah satu cara untuk mengetahui nilai variasi butiran suatu agregat yang bertujuan untuk mendapatkan distribusi besaran atau jumlah persentase butiran, baik agregat halus maupun kasar. Mengacu pada ASTM C136 agregat halus harus memiliki tidak lebih dari 45% melewati saringan apapun perhitungan analisis gradasi dapat dihitung dengan Persamaan 2.11

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{\% \text{Komulatif Tertahan}}{100} \dots\dots\dots(2.11)$$

#### 2.5.6 Analisis Gradasi Butiran Agregat Kasar

Pengujian ini adalah salah satu cara untuk mengetahui nilai variasi butiran suatu agregat yang bertujuan untuk mendapatkan distribusi besaran atau jumlah persentase butiran, baik agregat halus maupun kasar. Mengacu pada ASTM C136 agregat halus harus memiliki tidak lebih dari 45% melewati saringan apapun perhitungan analisis gradasi dapat dihitung dengan Persamaan 2.12

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{\% \text{Komulatif Tertahan}}{100} \dots\dots\dots(2.12)$$

### 2.5.7 Pemeriksaan Kandungan Zat Organik Dalam Agregat Halus

Agregat halus (Pasir) adalah salah satu komponen dalam campuran beton, dimana agregat halus yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat tertentu salah satunya adalah tidak boleh mengandung bahan organik yang berlebih. Oleh karena itu dilakukan pemeriksaan kandungan zat organik pada agregat halus (Pasir) untuk menentukan agregat dapat digunakan atau tidak sebagai campuran pembuatan Beton. Pengujian kandungan zat organik pada agregat halus (Pasir) mengacu pada SNI 2816:2014 tentang “Metode Uji Bahan Organik dalam Agregat Halus untuk Beton”.

### 2.5.8 Pemeriksaan Kandungan Lumpur Dalam Agregat Halus

Kandungan lumpur yang berlebihan pada agregat halus (pasir) akan mengurangi daya lekat agregat dengan pasta semen. Pemeriksaan kadar lumpur dengan bertujuan untuk mengetahui besarnya kadar lumpur dalam pasir tersebut. Prosedur pemeriksaan kadar lumpur agregat halus (pasir) mengikuti pedoman yang diatur dalam ASTM C117 Perhitungan kadar lumpur agregat halus/pasir dapat dilihat pada persamaan 2.13

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{B-C}{C} \times 100\% \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan :

B = Massa kering awal benda uji (gram)

C = Massa kering benda uji setelah pencucian (gram)

### 2.5.9 Berat Volume Agregat Halus

Berat volume agregat adalah rasio antara berat agregat dengan volume agregat. pemeriksaan berat volume agregat ini bertujuan untuk menentukan berat



isi agregat halus yang didefinisikan sebagai perbandingan antara berat material kering dengan volumenya. Mengacu pada SNI 03-1971-2011 rumus pemeriksaan berat volume agregat halus dapat dihitung menggunakan persamaan 2.14

$$\text{Berat volume/isi agregat} = \frac{W_3}{V} \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

W1 = Berat Bejana

W2 = Berat Bejana berisi benda uji

W3 = Berat benda uji (W2-W1)

V = Volume/isi benda uji

#### **2.5.10 Berat Jenis Semen dan Abu Sekam Padi**

Pemeriksaan berat jenis semen dan abu sekam padi adalah suatu pengujian yang dilakukan untuk menentukan berat jenis atau densitas semen. Prosedur pemeriksaan berat jenis semen mengikuti pedoman yang diatur dalam SNI 15-2531-2015. Perhitungan pemeriksaan berat jenis semen dapat dilihat pada persamaan 2.15

$$\text{Berat Jenis Semen} = \frac{B}{V_2 - V_1} \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan :

B = Berat benda uji (gram)

V1 = Volume awal (ml)

V2 = Volume akhir (ml)

#### **2.5.11 Waktu Pengikat Semen**

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan waktu yang diperlukan semen untuk mengeras, terhitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen

hingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan. Standar pengujian waktu ikat semen pada penelitian ini berdasarkan pada SNI 15-2049- 2015.

## **2.6 *Mix Design* Campuran Beton**

Pada penelitian ini digunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan standar SNI 2847-2013. Salah satu tujuan penelitian digunakan perencanaan campuran beton dengan standar SNI 2847-2013 adalah untuk menghasilkan beton yang mudah dikerjakan dan sesuai dengan standar pengerjaan yang ada di Indonesia. Tingkat derajat kekentalan dan kemudahan pengerjaan dapat dilihat saat pengujian *slump*. Perencanaan campuran adukan beton dilakukan dengan mutu beton sedang, dengan mutu kuat tekan ( $f'c$ ) beton yang direncanakan 24,9 MPa.

## **2.7 *Slump Test***

*Slump* merupakan tinggi dari adukan dalam kerucut terpancung terhadap tinggi adukan setelah cetakan diambil. *Slump* merupakan pedoman yang digunakan untuk mengetahui tingkat kekecekan suatu adukan beton, semakin tinggi tingkat kekenyalan maka semakin mudah pengerjaannya (nilai *workability* tinggi) (Van Gobel 2019). Uji *Slump* adalah suatu uji empiris/metode yang digunakan dalam menentukan konsistensi/kekakuan (dapat dikerjakan atau tidak) dari campuran beton segar (*fresh concrete*) untuk menentukan tingkat *workability*-nya (A 2018).

Menurut SNI 1972:2022 tentang Metode Uji *Slump* Beton Semen Hidraulis, *slump test* adalah metode uji untuk mengukur kekentalan beton segar. Kekentalan beton segar dapat mempengaruhi kemudahan pekerjaan beton, seperti pengerjaan, pengecoran, dan pemadatan.

Nilai *slump* beton segar dapat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu:

1. *Slump* rendah ( $slump < 10 \text{ cm}$ ) : Beton memiliki kekentalan yang tinggi dan sulit untuk dikerjakan.
2. *Slump* sedang ( $10 \text{ cm} < slump < 20 \text{ cm}$ ) : Beton memiliki kekentalan yang ideal dan mudah untuk dikerjakan.
3. *Slump* tinggi ( $slump > 20 \text{ cm}$ ) : Beton memiliki kekentalan yang rendah dan mudah untuk mengalir.

Nilai *slump* beton segar yang ideal tergantung pada jenis pekerjaan beton. Untuk pekerjaan beton yang membutuhkan pengerjaan yang cepat, maka *slump* beton segar yang ideal adalah sekitar 15 cm. Untuk pekerjaan beton yang membutuhkan pengerjaan yang teliti, maka *slump* beton segar yang ideal adalah sekitar 10 cm.

## 2.8 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan adalah kemampuan beton untuk menanggung tekanan dalam satuan luas tertentu. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat beton mencapai umur 28 hari menggunakan alat CTM (*Compression Testing Machine*). Pengujian kuat tekan beton dilakukan menurut SNI 1974:2011 menggunakan benda uji silinder berukuran tinggi 30 cm dengan diameter 15 cm. Perhitungan uji kuat tekan beton dapat dilihat pada persamaan 2.10

$$\text{Kuat Tekan Beton} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

P = gaya tekan aksial (N)

A = luas penampang melintang benda uji (mm<sup>2</sup>)

### 2.8.1 Faktor Yang Mempengaruhi Kuat Tekan Beton

#### 1. Faktor air semen

Berfungsi memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan terjadinya pengikatan dan pengerasan, sebagai pelican campuran kerikil, pasir dan semen dalam mempermudah pencampuran beton. Kekuatan beton tergantung dengan perbandingan faktor air semennya. Semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi (Soni M sinaweni, 2019). Dalam (Pinandhityo Aji Nugroho, 2020) Faktor air semen yang diperlukan untuk mencapai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan didasarkan:

- (a) Faktor air semen ialah perbandingan antara berat air dan berat semen didalam campuran adukan beton.
- (b) Kekuatan beton sangat dipengaruhi oleh faktor air semen yang dipakai.

#### 2. Umur beton

Semakin lama umur beton maka kuat tekannyapun akan semakin menurun, hal ini tidak dapat dilihat pada umur beton muda seperti 28 hari karena biasanya pada umur tersebut beton masih mengalami peningkatan, tetapi jika beton sudah berumur 360 hari ke atas baru akan terlihat penurunan tersebut.

#### 3. Agregat

Pengaruh agregat pada kekuatan beton terutama adalah bentuk tekstur permukaan dan ukuran maksimalnya. Pengaruh kekuatan agregat terhadap kekuatan beton tidak begitu besar karena pada dasarnya kekuatan agregat lebih tinggi dari pada kekuatan pasta semennya, kecuali pada beton dengan agregat beton dengan kuat tekan tinggi.