

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Umum

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*Portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambahan (*admixture atau additive*). Untuk mengetahui dan mempelajari perilaku elemen gabungan (bahan-bahan penyusun beton), kita memerlukan pengetahuan mengenai karakteristik masing-masing komponen (Mulyono, 2004)

Defenisi beton menurut SNI 03-2843-2000 adalah campuran antara semen *Portland* atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan membentuk massa padat.

Kekuatan, keawetan dan sifat beton tergantung pada sifat bahan-bahan dasar penyusunannya yaitu semen Portland,air,agregat halus dan agregat kasar, serta pengerjaannya dalam menggunakan bahan tambah (*admixture*) seperti *superplasticizer* (Tjokrodinuljo, 1992). Selain itu cara pengadukan maupun pengerjaannya juga mempengaruhi kekuatan,keawetan serta sifat beton tersebut.

Bahan tambah (*admixture*) *superplasticizer* dapat meningkatkan *workability* dan *flowability* beton. Dimana *admixture* ini dapat terserap dalam partikel semen dengan demikian dapat merendahkan daya tarik pertikel dalam menghasilkan lebih banyak dispersi butiran semen seperti menggunakan *water reducer* normal. Dengan menggunakan *superplasticizer* dapat menambah kuat tekan beton dengan cara mengurangi kadar air pada saat pemeliharaan *workability*, dalam hal ini harus diperhatikan *setting time* (pengaturan waktu) pencampuran beton (Pahrevi, 2015).

Ditinjau dari sudut estetika, beton hanya membutuhkan sedikit pemeliharaan. Kekuatan, keawetan dan sifat beton yang lain tergantung pada sifat bahan-bahan dasar, nilai perbandingan bahan - bahannya, cara pemadatan, dan cara perawatan selama proses pengerasan. Luasnya pemakaian beton disebabkan karena terbuat dari bahan - bahan yang umumnya mudah diperoleh, serta mudah

diolah sehingga menjadikan beton mempunyai sifat yang dituntut sesuai dengan keadaan situasi pemakaian tertentu.

Defenisi beton menurut SK SNI T-15-1990-03 adalah campuran antara semen *Portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan membentuk masa padat. Secara umum beton memiliki kelebihan dan kekurangan.

#### 1. Kelebihan

Kelebihan beton menurut (Mulyono, 2004) antara lain:

- a. Mudah dicetak dalam bentuk yang diinginkan.
- b. Nilai kekuatan dan daya tahan beton relatif tinggi.
- c. Mampu memikul beban yang berat
- d. Tahan terhadap temperatur yang tinggi.
- e. Biaya pemeliharaan dan perawatan yang relatif murah.

#### 2. Kekurangan

Adapun kekurangan beton menurut (Mulyono, 2004) sebagai berikut:

- a. Bentuk yang telah dibuat susah untuk diubah.
- b. Mempunyai kuat tarik yang rendah sehingga mudah retak.
- c. Sulit untuk dapat kedap air secara sempurna.
- d. Memerlukan sambungan untuk pemuaian dan penyusutan.
- e. Bersifat getas sehingga harus dihitung dan didetail secara seksama agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktail.

### 3.2 Bahan Penyusun Beton

Beton adalah suatu material yang terdiri dari campuran semen, air, agregat (kasar dan halus) dan bahan tambahan bila diperlukan (Civilkita, 2017).

Beton secara garis besar terdiri dari tiga klasifikasi bahan, yaitu:

1. Bahan pengikat, dalam hal ini air dan semen yang bereaksi membentuk pasta semen.
2. Bahan pengisi atau agregat, yang terdiri dari agregat halus umumnya pasir dan agregat kasar umumnya kerikil atau batu pecah.

3. Bahan tambahan, yang digunakan pada penelitian ini adalah penambahan *addictive* Tamcem 60 Ra dengan variasi pemakaian 0,1%, 0,3%, 0,5%, 0,7%.

### 3.2.1 Semen

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen, jika ditambah dengan agregat halus akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar dan setelah mengeras akan menjadi beton keras (Mulyono, 2004).

Fungsi utama semen adalah untuk merekatkan butiran-butiran agregat agar terjadi suatu massa yang kompak atau padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat. Walaupun semen hanya mengisi 10% saja dari volume beton, namun karena merupakan bahan yang aktif maka perlu dipelajari maupun dikontrol secara ilmiah (Tjokrodimuljo, 1992).

Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu:

1. Semen non-hidrolik
2. Semen hidrolik

Semen non-hidrolik tidak dapat mengikat dan mengeras didalam air, akan tetapi dapat mengeras diudara. Contoh utama dari semen non-hidrolik adalah kapur. Sedangkan semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras didalam air. Contoh semen hidrolik antara lain: kapur hidrolik, semen *pozzolan*, semen terak, semen alam, semen portland, semen *portland pozzoland* dan semen alumina (Manik, 2008). Dalam penelitian ini semen yang digunakan semen adalah semen *Portland*.

Semen *portland* merupakan material yang memiliki sifat-sifat adhesi dan kohesi yang digunakan untuk mengikat fragmen-fragmen mineral menjadi satu kesatuan. Semen yang umum dipakai di Indonesia adalah semen *Portland*. Defenisi semen *Portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silika kalsium yang

bersifat hidrolis, bersama bahan tambahan yang biasanya digunakan adalah *gypsum* (Rosida, 2007)

Berikut dapat dilihat jenis-jenis semen *Portland* yang dibagi menjadi 5 jenis (Manik, 2008), yaitu:

1. Tipe I

Semen *Portland* yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya. Digunakan untuk bangunan-bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.

2. Tipe II

Semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Digunakan untuk bangunan dari beton yang terus-menerus berhubungan dengan air kotor atau untuk pondasi yang tertahan didalam tanah yang mengandung air agresif (garam-garam sulfat), saluran air buangan dan bangunan yang berhubungan langsung dengan rawa.

3. Tipe III

Semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi. Semen jenis ini digunakan pada daerah yang bertemperatur rendah, terutama pada daerah yang mempunyai musim dingin.

4. Tipe IV

Semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah. Digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang besar, contohnya pekerjaan bendungan, pondasi berukuran besar dan lain-lain.

5. Tipe V

Semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang lebih tinggi terhadap sulfat. Digunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut, air buangan industri (limbah), bangunan yang terkena pengaruh gas atau uap kimia agresif.

Semen *Portland* yang dipakai untuk struktur harus mempunyai kualitas tertentu yang telah ditentukan agar dapat berfungsi secara efektif. Pemeriksaan secara berkala perlu dilakukan, baik masih berbentuk bubuk kering maupun yang pasta.

Semen memiliki sifat-sifat yang penting (Rosida, 2007), yaitu:

1. Kehalusan butiran

Reaksi antara semen dan air dimulai dari permukaan butiran-butiran semen, sehingga semakin luas permukaan butiran semakin cepat proses hidrasinya. Secara umum semen berbutir halus dapat meningkatkan *kohesi* pada beton segar dan dapat pula mengurangi pemisahan air (*bleeding*).

2. Waktu ikatan

Waktu ikatan adalah waktu dimana sejak air dicampurkan dengan semen hingga semen mengeras. Waktu ikat dibagi menjadi dua, yaitu waktu ikatan awal (*initial time*) dan waktu ikatan akhir (*final setting time*). Waktu dari ikatan awal dan waktu sampai pastinya menjadi massa yang keras disebut waktu ikatan akhir (*final setting time*).

3. Panas hidrasi

Panas hidrasi didefinisikan sebagai kuantitas panas dalam kalori/gram pada semen yang terhidrasi. Waktu berlangsungnya dihitung sampai proses hidrasi berlangsung secara sempurna pada temperatur tertentu. Panas hidrasi untuk semen dengan panas hidrasi rendah tidak lebih dari 60 kalori/gram sampai pada tujuh hari pertama dan 70 kalori/gram sampai 28 hari.

4. Berat jenis

Berat jenis semen Portland berkisar pada  $3,12 \text{ gr/cm}^3$  s/d  $3,16 \text{ gr/cm}^3$ , nilai berat jenis ini digunakan dalam hitungan perbandingan campuran beton.

5. Perubahan Volume (Kekekalan)

Kekekalan pasta semen yang telah mengeras merupakan suatu ukuran yang menyatakan kemampuan pengembangan bahan-bahan

campurannya dan kemampuan untuk mempertahankan volume setelah pengikatan terjadi.

Secara umum komposisi kimia senyawa-senyawa pada semen dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

**Tabel 3.1** Susunan Unsur Semen Portland

Komposisi	Jumlah (%)
Kapur (CaO)	60 – 65
<i>Silika (SiO<sub>2</sub>)</i>	17 – 25
<i>Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</i>	3 – 8
<i>Besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</i>	0,5 – 6,0
Magnesia (MgO)	0,5 – 4,0
Alkali (K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O)	0,5 – 1,0
<i>Sulfur (SO<sub>3</sub>)</i>	1 – 3

Sumber :Tjokrodinuljo,2004

Bahan dasar semen ialah batu kapur dan tanah liat dari alam yang memiliki berbagai oksida. Standar Industri Indonesia (SII) 0013-1981 mendefinisikan bahwa semen Portland ialah semen hidrolis, dibuat dengan menghaluskan klinker yang mengandung silikat kalsium (bersifat hidrolis) dan *gypsum*.

Semen Portland terdiri dari senyawa-senyawa pokok yang dapat dilihat pada tabel 3.2

**Tabel 3.2** Senyawa pokok semen Portland

Nama	Oksidasi
<i>Trikalsium silica</i>	$3 CaO - SiO_2$
<i>Dikalsium silica</i>	$2 CaO - SiO_2$
<i>Trikalsium aluminat</i>	$3 CaO - Al_2O_3$
<i>Tetrakalsium aluminoforit</i>	$3 CaO - Al_2O_3 - fe_2O_3$

Sumber : Rosida, 2007

Adapun fungsi atau pengaruh dari masing-masing unsur senyawa dalam semen (Rosida, 2007), sebagai berikut:

1. *Trikalsium silika (C<sub>3</sub>S)*

Adapun fungsi atau pengaruh *trikalsium silika* dalam semen adalah:

- a. Berpengaruh terhadap pengerasan semen, terutama sebelum umur 14 hari setelah mempengaruhi kekuatan awal beton.
- b. Apabila tercampur air *Trikalsium silika* segera mulai berhidrasi dan menghasilkan panas hidrasi yang cukup tinggi.

2. *Dikalsium silika (C<sub>2</sub>S)*

Adapun fungsi atau pengaruh *Dikalsium silika* dalam semen adalah:

- a. *Dikalsium silika* bereaksi dengan air lebih lambat dan panas hidrasi lebih rendah.
- b. Pengaruh *dikalsium silika* terhadap pengerasan semen setelah berumur lebih dari 7 hari dan memberikan kekuatan akhir pada beton.

3. *Trikalsium aluminat (C<sub>4</sub>A)*

Adapun pengaruh *trikalsium aluminat* dalam semen adalah:

- a. Hidrasi yang dialaminya sangat cepat dan hidrasi yang dihasilkan sangat tinggi.
- b. Berpengaruh pada pengerasan awal dan pengerasan berikutnya yang panjang.
- c. Kadar *trikalsium aluminat* tidak boleh lebih dari 10% karena akan menghasilkan beton yang kurang bagus.

4. *Tetrakalsium aluminoforit (C<sub>4</sub>AF)*

Adapun pengaruh *tetrakalsium aluminoforit* dalam semen adalah:

- a. Bereaksi cepat dengan air, dan pasta berbentuk dalam beberapa menit.
- b. Kurang besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen.

### 3.2.2 Agregat

Jenis agregat menurut asalnya dapat dibagi menjadi agregat alam dan agregat buatan, agregat alam langsung diperoleh dari alam melalui pemecahan sehingga batuan - batuan tersebut berbentuk pasir dan kerikil, agregat buatan dibuat untuk menggantikan fungsi agregat alam, contoh agregat buatan antara lain: agregat lempung, bermis, dan perlit (Amri, 2005). Agregat didefinisikan sebagai material granular misalnya pasir, kerikil atau batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk beton semen hidrolis atau adukan (SK.SNI T-15-1991-03). Kandungan agregat dalam suatu adukan beton biasanya sangat tinggi, komposisinya dapat mencapai 60% - 80% dari berat campuran beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai bahan pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, maka peran agregat sangat penting. Karena itu karakteristik dari agregat perlu dipelajari dengan baik, sebab agregat dapat menentukan sifat beton yang akan dihasilkan (Manik, 2008).

Penggunaan agregat dalam beton adalah untuk:

1. Menghemat penggunaan semen Portland
2. Menghasilkan kekuatan yang besar pada beton
3. Mengurangi susut pengerasan pada beton
4. Mencapai susunan beton yang padat dengan gradasi yang baik maka akan mendapatkan beton yang mudah dikerjakan.

Berdasarkan ukurannya, agregat dibedakan menjadi dua, yaitu: agregat halus dan agregat kasar.

1. Agregat halus

Disebut agregat halus bila ukuran partikel itu lebih kecil dari 4,75 mm tetapi lebih besar dari 0,75. Agregat halus (SNI T-15-1991-03) didefinisikan sebagai hasil *desintegrasi* secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu yang mempunyai ukuran butiran terbesar 5,0 mm. Agregat halus ialah agregat yang lewat ayakan 3/8 inch (9,5 mm) dan hampir seluruhnya lewat saringan 4,75 mm (saringan no. 4) dan tertahan pada saringan 0,075 mm.

## 2. Agregat kasar

Agregat kasar adalah bila ukuran partikel lebih besar dari 4,75 mm ayakan no. 4 (Mulyono, 2004). Sifat agregat mempengaruhi kekuatan akhir dari beton keras dan daya tahannya terhadap pengaruh cuaca dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar harus bersih dari bahan-bahan organik dan mempunyai ikatan yang baik dengan semen.

Agregat harus mempunyai bentuk yang baik, bersih, keras, kuat dan gradasinya baik. Agregat harus pula mempunyai kestabilan kimiawi dan dalam hal-hal tertentu harus tahan aus dan tahan cuaca. Jika dilihat dari tekstur permukaannya, secara umum susunan permukaan agregat sangat berpengaruh pada kemudahan pekerjaan. Semakin licin permukaan agregat akan semakin mudah beton dikerjakan. Akan tetapi jenis agregat dengan permukaan kasar lebih disukai karena akan menghasilkan ikatan antara agregat dan pasta semen lebih kuat (Wuryanti S dan Candra R, 2001 dalam Pahrevi,2015).

### 1. Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila agregat mempunyai butiran yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butirnya bervariasi maka volume pori menjadi kecil. Hal ini karena butiran yang kecil dapat mengisi pori diantara butiran yang lebih besar sehingga pori-pori menjadi sedikit, dengan kata lain kemampuan tinggi (Wuryanti S dan Candra R, 2001 dalam Pahrevi,2015). Kekasaran pasir dapat dibagi menjadi 4 kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus (daerah I), agak halus (daerah II), agak kasar (daerah III), dan kasar (daerah IV), dapat dilihat pada tabel 3.3

**Tabel 3.3** Gradasi Pasir

No	Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butiran Yang Lewat Ayakan			
		Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>
1	10	100	100	100	100
2	4,8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100

**Tabel 3.3** Lanjutan

a	b	c	d	e	f
3	2,4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
4	1,2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
5	0,6	15 – 34	35 – 59	35 – 59	80 – 100
6	0,3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
7	0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 40	0 – 15

Sumber : Wuryanti S dan Candra R, 2001 dalam Pahrevi 2015

Adapun gradasi agregat kasar yang baik, sebaiknya masuk dalam batas-batasan yang tercantum pada tabel 3.4

**Tabel 3.4** Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Yang Lewat Ayakan	
	Besarnya Butiran Maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95 – 100	100
20	30 – 70	95 – 100
10	10 – 35	25 – 55
4,8	0 – 5	0 -10

Sumber : Wuryanti S dan Candra R, 2001 dalam Pahrevi 2015

## 2. Kadar Air Agregat

Kadar air pada suatu agregat (dilatangan) perlu diketahui untuk menghitung jumlah air yang diperlukan dalam campuran beton dan untuk mengetahui berat satuan agregat. Keadaan kandungan air didalam agregat dibedakan menjadi beberapa tingkat (Wuryanti S dan Candra R, 2001 dalam Pahrevi 2015), yaitu:

- a. Kering oven maksudnya benar – benar tidak berair dan berarti dapat menyerap air secara penuh.
- b. Kering udara maksudnya butiran agregat kering permukaan tetapi mengandung sedikit air didalam pori. Oleh karena itu agregat dalam kondisi ini masih dapat menyerap air.

- c. Kering permukaan jenuh maksudnya pada kondisi ini tidak ada air dipermukaan. Butiran agregat pada kondisi ini tidak menyerap dan juga tidak menambah jumlah air bila dipakai dalam campuran adukan beton.
- d. Basah maksudnya pada kondisi ini agregat mengandung banyak air, baik dipermukaan maupun didalam butiran, sehingga bila dipakai dalam campuran adukan beton akan menambah air.

Dari keempat keadaan kandungan air dalam agregat diatas, hanya dua keadaan yang sering dipakai sebagai dasar hitungan, yaitu kering oven dan kering permukaan jenuh karena konstan untuk agregat tertentu.

Keadaan kering muka/kering permukaan jenuh (*saturated surface dry, SSD*) lebih disukai sebagai standar, karena:

- a. Merupakan keadaan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak menambah atau mengurangi air dari pasta.
- b. Kadar air dilapangan lebih banyak dalam keadaan SSD.

Adapun kadar air lapangan dalam agregat dapat diukur dengan cara, sebagai berikut:

$$\text{Kadar air lapangan} = \frac{\text{Berat Air Didalam Agregat}}{\text{Berat Agregat Kering}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.1)$$

Persyaratan-persyaratan yang diperlukan agar agregat dapat digunakan sebagai campuran beton.

### 3. Pengujian Agregat

Pengujian agregat terdiri dari pemeriksaan kandungan lumpur dan kotoran organis yang terkandung dalam agregat, analisa saringan, analisa kadar air, berat jenis dan penyerapan air. Tujuan dari pemeriksaan kandungan lumpur dan kotoran organis pada agregat adalah untuk menentukan banyaknya kandungan butiran yang lebih kecil dari 50 mikron (lumpur) yang terdapat dalam agregat. Tujuan

dari analisa saringan untuk menentukan modulus kehalusan pasir, yaitu harga yang menyatakan tingkat kehalusan agregat.

Pemeriksaan kadar air agregat bertujuan untuk menentukan prosentase air yang terkandung dalam agregat. Sedangkan tujuan dari pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat adalah untuk menentukan berat jenis dan prosentase berat air yang diserap agregat, dihitung terhadap berat kering. Pada pemeriksaan kadar air berat isi dan berat jenis dilakukan dalam kondisi asli dan SSD (*saturated surface dry*). Kadar air asli adalah kandungan air pada agregat dalam keadaan normal. Sedangkan kadar air SSD (*saturated surface dry*) adalah kandungan air pada kondisi agregat jenuh kering permukaan (Wuryanti S dan Candra R, 2001 dalam Pahrevi,2015).

### 3.2.3 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi beton, membasahi agregat, dan memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran dalam pembuatan beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa berbahaya yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan-bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan. Pemakaian air untuk campuran beton sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut (Amri, 2005):

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/liter
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya)
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/liter
4. Tidak mengandung senyawa-senyawa sulfat lebih dari 1 gr/liter

Pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran beton yang penting, tetapi justru perbandingan air dengan semen atau biasa disebut Faktor Air Semen (*water cement ratio*). Air yang terlalu berlebihan akan menyebabkan banyaknya

gelembung air setelah proses hidrasi selesai dan hal tersebut akan mengurangi kekuatan beton yang dihasilkan sedangkan terlalu sedikit air akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga dapat mempengaruhi kekuatan beton yang dihasilkan. Syarat air untuk beton adalah air yang menghasilkan kuat tekan beton lebih dari 90% dari kuat tekan beton dengan air suling (Manik, 2008).

### 3.3 Bahan Tambah

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen dan agregat) yang ditambah pada adukan beton. Bahan tambah ini dicampur bersamaan dengan bahan unsur beton sesuai dengan kita inginkan. Fungsi bahan tambah ini adalah untuk mempercepat pengerasan, menambah kuat tekan dan lain-lain (Tjokrodimuljo, 1992).

Secara umum bahan tambah dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambahan kimia dan bahan tambahan mineral. Bahan tambahan tersebut ditambahkan pada saat pengadukan atau pada saat dilakukan pengecoran. Bahan ini biasanya dimaksudkan untuk memperbaiki kinerja beton atau mortar pada saat pelaksanaan pengerjaan.

#### 3.3.1 Bahan Tambah Kimia (*chemical admixture*)

Yaitu bahan kimia (berupa bubuk atau cair) yang ditambahkan pada campuran beton dalam jumlah tertentu untuk mengubah beberapa sifat beton. Bahan tambah kimia dapat dibedakan menjadi tujuh tipe bahan tambah (Mulyono, 2004) :

1. Tipe A (*Water-Reducing Admixtures*)

*Water-Reducing Admixtures* (pengurangan kadar air) adalah bahan tambah yang mengurangi jumlah air yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi yang memadai. Tujuannya adalah beton lebih mudah dikerjakan (lecek) tanpa penambahan air.

2. Tipe B (*Retarding Admixtures*)

*Retarding Admixtures* (penunda waktu ikat) adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikat beton, dan efektif digunakan pada daerah beriklim panas dimana tingkat kehilangan sifat

kemudahan pengerjaan sangat tinggi. Tujuannya adalah menunda waktu pengerasan dari beton sampai beberapa hari bila diperlukan.

3. Tipe C (*Accelerating Admixtures*)

*Accelerating Admixtures* (mempercepat waktu ikat) atau dikenal kalsium klorida yaitu bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton. Tujuannya adalah mempercepat proses hidrasi.

4. Tipe D (*Water Reducing and Retarding Admixtures*)

*Water Reducing and Retarding Admixtures* (Pengurangan air dan penunda waktu ikat) adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikat awal. Tujuannya adalah beton berkekuatan tinggi dapat dibuat lecah tanpa kehilangan density, ketahanan dan kekuatannya.

5. Tipe E (*Water Reducing and Accelerating Admixtures*)

*Water Reducing and Accelerating Admixtures* (pengurangan air dan pemercepat waktu ikat) adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikat awal. Tujuannya pada beton precast memungkinkan melepas bekisting lebih awal dan juga untuk pekerjaan perbaikan dimana kekuatan awal yang tinggi diperlukan.

6. Tipe F (*Water Reducing, High Range Admixtures*)

*Water Reducing, High Range Admixtures* (pengurang kadar air tinggi) adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi lebih tinggi 12% atau lebih dari konsistensi beton murni. Jenis bahan tambah ini adalah *superlaticizer*, dosis yang disarankan adalah 1%-2% dari berat air. Dosis yang berlebihan akan menurunkan kuat tekan beton. Contoh : Tamcem 60 RA

TamCem 60 RA adalah *plasticizer* generasi hiper baru untuk beton. Yang paling banyak terpakai dari kelompok ini adalah bahan kimia pembantu jenis A (*ordinary water reducer*), jenis F (*high range water reducer*), jenis D (*retarding water reducer*), dan jenis G (*retarding high range water reducer*). Jenis A juga disebut *plasticizer*, sedangkan jenis G disebut sebagai *superplasticizer*.

7. Tipe G (*Water Reducing, High Range Retarding Admixtures*)  
*Water Reducing, High Range Retarding Admixtures* (pengurangan kadar air dan penunda waktu ikat) adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi yang lebih besar sebanyak 12% atau lebih dan juga untuk menghambat waktu pengikat beton. Jenis bahan ini merupakan gabungan *superplasticizer* dengan menunda waktu pengikat beton. Biasanya digunakan pada kondisi pekerjaan terjepit karena sedikit tenaga kerja yang diperlukan.

### 3.3.2 Bahan Tambah Mineral

Bahan tambah ini merupakan bahan tambah yang memperbaiki kinerja beton. Bahan tambah terdiri dari beberapa macam (Mulyono, 2004) :

1. Abu Terbang Batu Bara (*Fly ash*)  
Abu terbang batu bara adalah butiran halus hasil residu pembakaran batu bara atau bubuk batu bara.
2. Slag  
Slag merupakan hasil residu pembakaran tanur tinggi atau produk non- metal yang merupakan material berbentuk halus, granular hasil pembakaran yang kemudian didinginkan atau dicelupkan dalam air.
3. *Silicafume*  
Adalah material pozzolan yang halus dimana didapat dari hasil sampingan dari proses pemurnian logam silicon dan pembuatan panduan ferro-silicon. Pada proses reduksi pasir kwarsa ( $\text{SiO}_2$ ) menjadi silicon (Si) pada suhu  $2000^\circ\text{C}$ . Bahan ini dipergunakan untuk

mengurangi berat semen dan berfungsi untuk menguatkan tekanan beton yang kita inginkan.

4. Penghalus Gradasi (*Finely Divided Mineral Admixtures*)

Bahan ini digunakan untuk memperhalus perbedaan-perbedaan pada campuran beton dengan memberikan ukuran yang tidak ada atau kurang dari agregat, dapat juga digunakan untuk menaikkan mutu dari beton yang akan dibuat.

Kuntungan penggunaan bahan mineral antara lain :

- a. Menghasilkan beton yang kita inginkan.
- b. Mengurangi panas hidrasi.
- c. Mempertinggi daya tahan terhadap serangan sulfat.
- d. Mempertinggi daya tahan terhadap serangan reaksi alkali-silika.
- e. Mempertinggi usia beton.
- f. Mempertinggi kekuatan tekan beton.
- g. Mempertinggi keawetan beton.
- h. Mengurangi penyusutan.
- i. Mengurangi porositas dan daya serap air dalam beton.

### 3.4 Pengadukan (Pencampuran) Beton

Secara umum pengadukan dilakukan sampai didapatkan suatu sifat yang plastis dalam campuran beton segar. Indikasinya adalah warna adukan merata, kelecekan yang cukup, dan tampak homogen.

Selama proses pengadukan, harus dilakukan pendataan rinci mengenai :

1. Jumlah batch-aduk yang dihasilkan
2. Proporsi material
3. Perkiraan lokasi dari penuangan akhir pada stuktur, dan
4. Waktu dan tanggal pengadukan serta penuangan.

Metode pengadukan dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

#### 3.4.1 Pengadukan Manual

Pengadukan manual dilakukan oleh tenaga manusia dengan menggunakan alat sederhana seperti sekop, cangkul, maupun alat galian lainnya.

Berikut ini adalah tata cara pengadukan manual :

- a. Pasir dengan semen dicampur (dalam keadaan kering) dengan komposisi tertentu, diatas tempat yang datar dan kedap air.
- b. Pencampuran dilakukan sampai didapat warna yyang homogen.
- c. Tambahkan kerikil, kemudian lakukan pencampuran lagi.
- d. Alat bantu yang digunakan dapat berupa sekop, cangkul, ataupun alat gali lainnya.
- e. Buat lobang diitengah adukan, tambahkan kira-kira 75% dari kebutuhan air.
- f. Aduk hingga rata dan tambahkan sediki-demi sedikit air yang tersisa.

#### 3.4.2 Pengadukan Dengan Mesin

Secara umum, pengadukan dengan mesin harus dilakukan menggunakan mesin-mesin yang telah disetujui penggunaannya (PB,1989). Mesin pengaduk harus diputar sesuai dengan kecepatan yang direkomendasikan oleh pabrik pembuatnya. Setelah pencampuran seluruh bahan dalam *batching*, harus dilakukan pengadukan kembali minimal 1,5 menit, kecuali bila dapat dibuktikan bahwa pengadukan yang lebih pendek mampu memberikan hasil yang memuaskan dan memenuhi pengujian keseragaman pengadukan yang ditetapkan dalam ASTM C.94. ketentuan mengenai waktu pengadukan minimal dapat dilihat pada tabel 3.5 berikut ini.

**Tabel 3.5** Waktu Pengadukan Minimal (Pahrevi, 2015)

Kapasitas Dari Mixer (m <sup>3</sup> )	ASTM C.94 dan ACI 318
0,8 – 3,1	1 menit
3,8 – 4,6	2 menit
7,6	3 menit

Menurut SK.SNI.T-28-1991-03, waktu pengadukan minimal untuk campuran beton yang volumenya lebih kecil atau sama dengan 1 m<sup>3</sup> adalah 1,5

menit, dan ditambah selama 0,5 menit untuk penambahan 1 m<sup>3</sup> beton serta pengadukan ditambahkan selama 1,5 menit setelah semua bahan tercampur.

Waktu pengadukan ini akan berpengaruh pada mutu beton. Jika terlalu sebentar pencampuran bahan kurang merata, sehingga pengikatan antara bahan-bahan beton akan berkurang. Sebaliknya, pengadukan yang terlalu lama akan mengakibatkan :

1. Naiknya suhu beton.
2. Keausan pada agregat sehingga agregat pecah.
3. Terjadinya kehilangan air sehingga penambahan air diperlukan.
4. Bertambahnya nilai *slump*, dan
5. Menurunnya kekuatan beton.

Selama proses pengadukan, kekentalan campuran beton harus diawasi terus dengan cara memeriksa nilai *slump* yang disesuaikan dengan jarak pengadukan. Mesin dan alat pengaduk dapat dibedakan menjadi dua, yaitu alat aduk yang mobile (dapat dipindah-pindah) dan mempunyai kapasitas yang kecil (dinamakan *mixer* atau molen), serta alat aduk stasioner yang biasanya mempunyai kapasitas besar (dinamakan *batching plant*).

### 3.5 Beton Segar

Beton segar yang baik adalah beton yang dapat diaduk, dapat diangkut, dapat dituang, dapat dipadatkan, tidak ada kecenderungan terjadinya pemisahan agregat kasar dari adukan (*segregasi*) maupun pemisahan air dan semen dari adukan (*bleeding*). Hal ini karena *segregasi* maupun *bleeding* mengakibatkan mutu beton yang dihasilkan kurang baik. Tiga hal penting yang perlu diketahui dari sifat-sifat beton segar yaitu: kemudahan pengerjaan (*workability*), pemisahan agregat kasar (*segregation*), pemisahan air (*bleeding*) (Manik, 2008).

#### 3.5.1 Kemudahan Pengerjaan (*workability*)

*Workability* merupakan ukuran dari tingkat kemudahan atau kesulitan adukan, diangkut, dituang dan dipadatkan. Perbandingan bahan-bahan maupun sifat bahan-bahan ini secara bersama-sama mempengaruhi sifat kemudahan

pengerjaan beton segar. Unsur-unsur yang mempengaruhi kemudahan pengerjaan antara lain:

1. Jumlah air pencampur, semakin banyak air yang digunakan maka semakin mudah beton tersebut dikerjakan.
2. Kandungan semen, penambahan semen ke dalam campuran juga memudahkan cara pengerjaan adukan betonnya, karena pasti diikuti dengan penambahan air campuran untuk memperoleh nilai F.A.S tetap.
3. Gradasi campuran agregat halus dan agregat kasar, jika agregat tersebut memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan lebih mudah dikerjakan. Gradasi adalah distribusi ukuran dari agregat berdasarkan hasil dari persentase berat yang lolos pada setiap ukuran saringan dari analisa saringan.
4. Cara pemadatan dan alat pemadatan, bila cara pemadatan dilakukan dengan alat getar maka diperlukan tingkat keenceran (keenceran) yang berbeda, sehingga diperlukan jumlah air yang lebih sedikit dari pada jika dipadatkan dengan tangan.

Percobaan slump dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan. Percobaan ini dilakukan dengan alat berbentuk kerucut berpancung, yang diameter atasnya 10 cm, diameter bawahnya 20 cm dengan tinggi 30 cm, yang dilengkapi dengan kuping (*lifting handles*) untuk mengangkat beton segar dan tongkat pemadat diameter 16 mm sepanjang minimal 60 cm.

Ada tiga jenis *slump*, yaitu: *slump* sejati (*slump* sesungguhnya), *slump* geser dan *slump* runtuh.

1. *Slump* sesungguhnya, merupakan penurunan umum dan seragam tanpa adukan beton yang pecah, pengambilan nilai *slump* ini dengan mengukur penurunan minimum dari puncak kerucut.
2. *Slump* geser, terjadi bila separuh puncak kerucut adukan beton tergeser dan tergelincir kebawah pada bidang miring, pengambilan

nilai slump geser ada dua cara yaitu penurunan minimum dan penurunan rata-rata dari puncak kerucut.

3. *Slump* runtuh terjadi pada kerucut adukan beton yang runtuh seluruhnya akibat adukan beton yang terlalu cair, pengambilan nilai *slump* ini dengan mengukur penurunan minimum dari puncak kerucut.

### 3.5.2 Pemisahan Kerikil (*segregation*)

Kecendrungan butiran-butiran kasar untuk lepas dari campuran beton dinamakan *segregasi*, hal ini menyebabkan keropos pada beton. Segregasi ini disebabkan oleh beberapa hal antara lain (Manik, 2008):

1. Campuran kurang semen
2. Terlalu banyak air
3. Besar ukuran maksimum lebih dari 40 mm
4. Permukaan butiran agregat kasar, semakin kasar permukaan butiran agregat semakin mudah terjadinya *segregasi*.

Untuk mengurangi kecendrungan terjadinya segregasi maka dapat dicegah dengan cara:

1. Penggunaan air sesuai dengan syarat
2. Ukuran agregat sesuai dengan syarat
3. Pemadatan yang baik

### 3.5.3 Pemisahan Air (*bleeding*)

Kecenderungan air untuk naik kepermukaan pada beton yang baru dipadatkan dinamakan *bleeding*. Air yang naik ini membawa semen dan butiran-butiran halus pasir, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput. *Bleeding* dipengaruhi oleh (Manik, 2008):

1. Susunan butiran agregat, jika komposisinya sesuai kemungkinan terjadinya *bleeding* kecil
2. Banyaknya air yang digunakan berarti semakin besar pula kemungkinan terjadinya *bleeding*.

3. Kecepatan hidrasi, semakin cepat beton mengeras, semakin kecil pula kemungkinan terjadinya *bleeding*.
4. Proses pemadatan yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya *bleeding*.

### 3.6 Jenis-Jenis Pemeriksaan Material

Dalam pemeriksaan material pada penelitian ini yaitu, analisa saringan agregat kasar dan agregat halus, pemeriksaan berat isi agregat kasar dan agregat halus, pengujian berat jenis agregat kasar dan agregat halus, pemeriksaan kadar lumpur, pemeriksaan kadar air, pemeriksaan keausan agregat kasar. Selanjutnya peneliti mencoba membuat bagan alir yang bertujuan sebagai prosedur program kerja pada saat penelitian ini.

#### 3.6.1 Analisa Gradasi Agregat Halus

Analisa gradasi agregat halus dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butir pasir dengan menggunakan saringan (Panduan praktikum teknologi bahan dan beton, Universitas Islam Riau, 2017).

Cara untuk menentukan gradasi agregat halus

1. Pasir dikeringkan didalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  sampai beratnya tetap.
2. Setelah itu benda uji di timbang untuk mengetahui berat pasir yang telah di oven.
3. Benda uji yang telah ditimbang di cuci dengan air dengan syarat air cucian tersebut di tampung dengan saringan #200. Ini bertujuan untuk mengantisipasi kehilangan butiran agregat halus.
4. Setelah itu benda uji dekeringkan lagi di dalam oven dengan suhu yang sama yaitu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ .
5. Setelah kering sampel di saring dengan menggunakan saringan no.1”(25,4 mm), no.3/4”(19 mm), no.1/2”(12,7 mm), no.3/8”(9,6 mm), no.4 (4,8 mm), no.8 (2,4 mm), no.16 (1,2 mm), no.30 (0,6 mm),no.50 (0,3 mm),no.100(0,15 mm), dan no.200 (0,075 mm).

6. Butiran yang tertahan pada masing-masing saringan kemudian ditimbang untuk mencari modulus halus butiran pasir.

### 3.6.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pemeriksaan ini merupakan suatu pegangan utama dalam pengujian agregat pembuat beton untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu, dan penyerapan dari agregat halus dan kasar (panduan praktikum teknologi bahan dan beton, Universitas Islam Riau, 2017).

Pemeriksaan ini dilakukan dengan langkah-langkah berikut :

1. Benda uji dimasukkan kedalam cawan, kemudian dikeringkan kedalam oven ( $110 \pm 5$ )°C sampai beratnya tetap, kemudian pasir direndam didalam air selama  $\pm 24$  jam.
2. Setelah direndam  $\pm 24$  jam, air rendaman dibuang dan pasir di hamparkan dengan cara pasir yang lolos saringan no. 4. Untuk mengetahui keadaan jenuh kering maka pasir dimasukkan kedalam kerucut pancung lalu ditumbuk sebanyak 25 kali sebanyak tiga lapis, kemudian kerucut diangkat maka pasir akan runtuh tetapi runtuh pasir masing berbentuk kerucut tersebut.
3. Pasir dalam keadaan jenuh kering permukaan tersebut kemudian dimasukkan kedalam piknometer sebanyak  $\pm 500$  gram, lalu dimasukkan air sebanyak yang diperlukan, kemudian diguncang-guncang untuk mengeluarkan udara yang terperangkap didalam piknometer tersebut.
4. Setelah itu, piknometer di tambah air pada batas yang telah ditentukan dan ditimbang beratnya dengan ketelitian 0,1 gram.
5. Pasir dikeluarkan dari piknometer didalam cawan, kemudian dikeringkan didalam oven sampai beratnya tetap setelah itu ditimbang beratnya.
6. Piknometer diisi air sampai batas yang telah ditentukan di piknometer dan ditimbang beratnya.

7. Berat jenis dan penyerapan air agregat halus dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

a. Berat jenis curah (Bulk Specific Gravity)

$$\frac{BK}{(B + 500 - BT)} \dots \dots \dots (3.1)$$

b. Berat jenis permukaan jenuh (Saturated Surface Dry)

$$\frac{500}{(B + 500 - BT)} \dots \dots \dots (3.2)$$

c. Berat jenis semu (Apparent Specific Gravity)

$$\frac{BK}{(B + BK - BT)} \dots \dots \dots (3.3)$$

d. Penyerapan

$$\frac{500 - BK}{BK} \times 100 \dots \dots \dots (3.4)$$

### 3.6.3 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus.

Pemeriksaan kadar lumpur ini merupakan cara untuk menetapkan banyaknya kandungan lumpur (tanah liat dan debu) secara teliti (panduan pratikum teknologi bahan dan beton, Universitas Islam Riau, 2017).

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat pada agregat halus, yaitu sebagai berikut :

1. Benda uji dimasukkan kedalam cawan, kemudian dikeringkan kedalam oven ( $110 \pm 5$ )<sup>o</sup>C sampai beratnya tetap, kemudian pasir ditimbang beratnya ( $B_1$ ).
2. Benda uji yang telah ditimbang, dicuci dengan air dengan cara air cucian di saring dengan menggunakan saringan #200.
3. Kemudian benda uji dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu ( $110 \pm 5$ )<sup>o</sup>C sampai berat tetap, kemudian ditimbang beratnya ( $B_2$ ).
4. Hitung kadar lumpur dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{(B_1 - B_2)}{B_1} \times 100 \% \dots \dots \dots (3.5)$$

### 3.6.4 Pemeriksaan Kadar Air Lapangan Agregat Halus.

Pemeriksaan kadar air merupakan cara untuk mengetahui seberapa besar serapan air yang terjadi didalam agregat (panduan pratikum teknologi bahan dan beton, Universitas Islam Riau, 2017).

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kadar air yang terdapat pada agregat halus,yaitu sebagai berikut :

1. Benda uji dimasukan kedalam cawan, kemudian pasir ditimbang beratnya ( $B_1$ ).
2. Kemudian benda uji dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu ( $110 \pm 5$ ) $^{\circ}$ C sampai berat tetap, kemudian ditimbang beratnya ( $B_2$ ).
3. Hitung kadar air dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{B_1}{B_2} \times 100 \% \dots \dots \dots (3.6)$$

### 3.6.5 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus

Pemeriksaan berat isi merupakan perbandingan antara berat dan volume (termasuk rongga – rongga antara butiran pasir), (panduan pratikum teknologi bahan dan beton, Universitas Islam Riau, 2017).

Langkah-langkahnya sebagai berikut :

1. Diambil bejana yang berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, yang akan digunakan sebagai wadah untuk pemeriksaan berat satuan, timbang berat wadah ( $W_1$ ).
2. Untuk berat isi padat, masukan benda uji kedalam wadah  $\pm$  3 lapisan yang sama ketebalannya, setiap lapisan dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tumbukan secara merata, sedangkan untuk berat isi lepas benda uji dimasukan secara perlahan-lahan (agar tidak terjadi pemisahan agregat) maksimum 5 cm dari atas wadah dengan menggunakan sendok lalu didatarkan permukaannya.

3. Timbang dan catat berat wadah yang berisi benda uji ( $W_2$ ).
4. Hitung berat bersih benda uji dengan rumus sebagai berikut :
  - a. Hitung berat bersih benda uji ( $W_3$ )

$$W_3 = W_2 - W_1 \dots \dots \dots (3.7)$$

- b. Hitung berat isi tempat ( $W_4$ )

$$W_4 = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \dots \dots \dots (3.8)$$

- c. Berat isi lepas ( $W_5$ )

$$W_5 = W_3 \div W_4 \dots \dots \dots (3.9)$$

### 3.6.6 Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar.

Analisa gradasi agregat kasar dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butir *Split* dengan menggunakan saringan (panduan pratikum teknologi bahan dan beton, Universitas Islam Riau, 2017).

Cara untuk menentukan gradasi agregat kasar sebagai berikut :

1. Agregat kasar dikeringkan didalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  sampai beratnya tetap.
2. Setelah itu benda uji di timbang untuk mengetahui berat agregat yang telah di oven.
3. Benda uji yang telah ditimbang di cuci dengan air dengan syarat air cucian tersebut di tampung dengan saringan #200. Ini bertujuan untuk mengantisipasi kehilangan butiran agregat kasar.
4. Setelah itu benda uji dekeringkan lagi di dalam oven dengan suhu yang sama yaitu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ .
5. Setelah kering sampel di saring dengan menggunakan saringan no.1”(25,4 mm), no.3/4”(19 mm), no.1/2”(12,7 mm), no.3/8”(9,6 mm), no.4 (4,8 mm), no.8 (2,4 mm), no.16 (1,2 mm), no.30 (0,6 mm),no.50 (0,3 mm),no.100(0,15 mm), dan no.200 (0,075 mm).
6. Butiran yang tertahan pada masing-masing saringan kemudian ditimbang untuk mencari modulus halus butiran *split*.

### 3.6.7 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.

Pemeriksaan ini merupakan suatu pegangan utama dalam pengujian agregat pembuat beton untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu, dan penyerapan dari agregat halus dan kasar (panduan pratikum teknologi bahan dan beton, Universitas Islam Riau, 2017).

Pemeriksaan ini dilakukan dengan langkah-langkah berikut :

1. Benda uji dimasukkan kedalam cawan, kemudian dikeringkan kedalam oven ( $110 \pm 5$ ) $^{\circ}\text{C}$  sampai beratnya tetap, kemudian pasir direndam didalam air selama  $\pm 24$  jam.
2. Setelah direndam  $\pm 24$  jam, air rendaman dibuang dan *split* di hamparkan dengan cara *split* yang tertahan lolos saringan no. 4. Dan ditunggu kering permukannya.
3. Setelah itu benda uji di timbang, dengan menggunakan keranjang sebelumnya berat keranjang kosong ditimbang di udara terlebih dahulu, setelah itu berat keranjang kosong diudara dengan agregat diudara, berat agregat dengan keranjang di dalam air dan berat keranjang kosong didalam air.
4. Kemudian *Split* dikeringkan dengan menggunakan oven dengan suhu ( $110 \pm 5$ ) $^{\circ}\text{C}$  sampai kering tetap.
5. *Split* yang telah kering ditimbang beratnya.
6. Berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

- a. Berat jenis curah (Bulk Specific Gravity)

$$\frac{BK}{(BJ - BA)} \dots \dots \dots (3.10)$$

- b. Berat jenis permukaan jenuh (Saturated Surface Dry)

$$\frac{BJ}{(BJ - BA)} \dots \dots \dots (3.11)$$

c. Berat jenis semu (Apparent Specific Gravity)

$$\frac{BK}{(BK - BA)} \dots \dots \dots (3.12)$$

d. Penyerapan

$$\frac{BJ - BK}{BK} \times 100 \dots \dots \dots (3.13)$$

### 3.6.8 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

Pemeriksaan kadar lumpur ini merupakan cara untuk menetapkan banyaknya kandungan lumpur (tanah liat dan debu) secara teliti (panduan praktikum teknologi bahan dan beton, Universitas Islam Riau, 2017). Menurut SK SNI T-15-1990-03 untuk kadar lumpur agregat halus < 5% dan untuk agregat kasar < 1%

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat pada agregat kasar, yaitu sebagai berikut :

1. Benda uji dimasukkan kedalam cawan, kemudian dikeringkan kedalam oven ( $110 \pm 5$ )°C sampai beratnya tetap, kemudian *split* ditimbang beratnya ( $B_1$ ).
2. Benda uji yang telah ditimbang, dicuci dengan air dengan cara air cucian di saring dengan menggunakan saringan #200.
3. Kemudian benda uji dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu ( $110 \pm 5$ )°C sampai berat tetap, kemudian ditimbang beratnya ( $B_2$ ).
4. Hitung kadar lumpur dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{(B_1 - B_2)}{B_1} \times 100 \% \dots \dots \dots (3.14)$$

### 3.6.9 Pemeriksaan Kadar air Lapangan Agregat Kasar

Pemeriksaan kadar air merupakan cara untuk mengetahui seberapa besar serapan air yang terjadi didalam agregat (panduan praktikum teknologi bahan dan beton, Universitas Islam Riau, 2017).

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kadar air yang terdapat pada agregat kasar, yaitu sebagai berikut :

1. Benda uji dimasukkan kedalam cawan, kemudian *split* ditimbang beratnya ( $B_1$ ).
2. Kemudian benda uji dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu ( $110 \pm 5$ )°C sampai berat tetap, kemudian ditimbang beratnya ( $B_2$ ).
3. Hitung kadar air dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{B_1}{B_2} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.15)$$

### 3.6.10 Pemeriksaan Berat Isi Satuan Agregat Kasar

Pemeriksaan berat isi merupakan perbandingan antara berat dan volume (termasuk rongga – rongga antara butiran *split*), (panduan pratikum teknologi bahan dan beton, Universitas Islam Riau, 2017).

Langkah-langkahnya sebagai berikut :

1. Diambil bejana yang berbentuk selinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, yang akan digunakan sebagai wadah untuk pemeriksaan berat satuan, timbang berat wadah ( $W_1$ ).
2. Untuk berat isi padat, masukan benda uji kedalam wadah  $\pm$  3 lapisan yang sama ketebalannya, setiap lapisan dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tumbukan secara merata, sedangkan untuk berat isi lepas benda uji dimasukkan secara perlahan-lahan (agar tidak terjadi pemisahan agregat) maksimum 5 cm dari atas wadah dengan mempergunakan sendok lalu didatarkan permukaannya.
3. Timbang dan catat berat wadah yang berisi benda uji ( $W_2$ ).
4. Hitung berat bersih benda uji dengan rumus sebagai berikut :

- a. Hitung berat bersih benda uji ( $W_3$ )

$$W_3 = W_2 - W_1 \dots\dots\dots (3.16)$$

- b. Hitung berat isi tempat ( $W_4$ )

$$W_4 = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \dots\dots\dots (3.17)$$

- c. Berat isi lepas ( $W_5$ )

$$W_5 = W_3 \div W_4 \dots\dots\dots (3.18)$$

### 3.7 Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton adalah hal yang kompleks jika dilihat dari perbedaan sifat dan karakteristik bahan penyusunnya. Bahan penyusun akan menyebabkan variasi dari produk beton yang dihasilkan. Pada dasarnya perencanaan campuran dimaksudkan untuk menghasilkan suatu campuran bahan yang optimal dengan kekuatan optimum. Optimal dalam hal ini adalah penggunaan bahan minimum dengan tetap mempertimbangkan kriteria standart dan ekonomis dilihat dari biaya keseluruhan untuk membuat struktur beton tersebut (Mulyono, 2004).

Perancangan campuran beton dimaksudkan untuk mengetahui komposisi atau proporsi bahan - bahan penyusun beton. Proporsi campuran dari bahan - bahan penyusun beton ini ditentukan melalui sebuah perancangan beton (*Mix design*). Proporsi bahan dan berat penakaran harus ditentukan sesuai dengan SNI 03-2834-2000.

Biasanya beton dirancang untuk mencapai :

1. Mudahnya pengerjaan (*workability*) adukan beton yang dalam praktek ditentukan dengan tingginya *Slump*.
2. Kekuatan tekan (*Compressive Strength*) pada umur tertentu bagi beton yang sudah mengeras. Kekentalan yang memungkinkan pengerjaan beton (penuangan, pemadatan, dan perataan) dengan mudah dapat mengisi acuan dan menutup permukaan secara serba sama (homogen).
3. Keawetan (*Durability*) bagi beton yang sudah mengeras.

Ada beberapa metode yang dikenal dalam perancangan beton, antara lain :

1. *American Concrete Institute (ACI)*
2. *American Society for Testing and Material (ASTM)*
3. *Portland Cement Association (PCA)*
4. *Japan Industrial Standart (JIS)*
5. *Road Note No.4*
6. *The British Mix Design Method*
7. Metode Standar Nasional Indonesia (SK.SNI.T03-2834-2000)

Ada beberapa faktor lainnya yang mempengaruhi pekerjaan pembuatan rancangan campuran beton, diantaranya adalah kondisi dimana bangunan akan dikerjakan, kekuatan beton yang akan direncanakan, keterampilan pekerja, pengawasan yang dapat diberikan, peralatan yang akan digunakan dan tujuan penggunaan bangunan serta faktor – faktor lainnya.

Proses pembuatan rancangan campuran beton pada umumnya dibagi menjadi 2 tahapan sebagai berikut :

1. Melakukan perhitungan proporsi campuran beton yang tepat berdasarkan data tentang bahan baku yang digunakan.
2. Pembuatan beton dalam skala kecil (dalam penelitian ini, peneliti menggunakan silinder 150mm x 300 mm).

Sebagai pedoman awal untuk perkiraan proporsi takaran campuran dapat dilihat pada Tabel 3.6.

**Tabel 3.6** Pedoman Awal Untuk Perkiraan Proporsi Takaran Campuran (Departemen Pekerjaan Umum, 2005).

Jenis Beton	Mutu beton		Ukuran agregat maks. (mm)	Rasio air/semen maks terhadap berat	Kadar semen Min. (Kg/m <sup>3</sup> ) dari campuran
	(MPa)	Kg/cm <sup>2</sup>			
<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>
Mutu Tinggi	50	K600	19	0,35	450
			37	0,40	395
			25	0,40	430
	45	K500	19	0,40	455
			37	0,425	370
			25	0,425	405
	38	K450	19	0,425	430
			37	0,45	350
			25	0,45	385
	35	K400	19	0,45	405
			37		
			25		

Tabel 3.6 Lanjutan

a	b	c	d	e	f
Mutu Sedang	30	K350	37	0,475	335
			25	0,475	365
			19	0,475	385
	25	K300	37	0,50	315
			25	0,50	345
			19	0,50	365
	20	K250	37	0,55	290
			25	0,55	315
			19	0,55	335
Mutu Rendah	15	K175	37	0,60	265
			25	0,60	290
			19	0,60	305
	10	K125	37	0,70	225
			25	0,70	245
			19	0,70	260

### 3.8 Perencanaan Campuran Beton Dalam SNI 03-2834-2000

Adapun beberapa persyaratan metode perencanaan SNI 03-2834-2000 adalah sebagai berikut:

1. Merencanakan kuat tekan ( $f_c'$ ) yang diisyaratkan pada umur 28 hari. Beton yang direncanakan harus memenuhi persyaratan kuat tekan rata-rata ( $f_c'r$ ).
2. Deviasi standar (S)

Deviasi alat ukur adalah alat ukur tingkat mutu pelaksanaan pembuatan (produksi) beton. Deviasi standar adalah identifikasi penyimpangan yang terjadi dalam kelompok data dalam hal ini produksi beton. Nilai S ini digunakan sebagai salah satu data masuk pada perencanaan campuran adukan beton. Rumus menghitung deviasi standar adalah sebagai berikut :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (3.19)$$

Dimana:

$S$  = Deviasi standar

$X_i$  = Kekuatan tekan beton yang dipakai dari masing-masing benda uji

$\bar{X}$  = Kekuatan beton rata-rata

$n$  = Jumlah benda uji hasil pemeriksaan

**Tabel 3.7** Faktor pengali untuk deviasi standart (SNI 03-2834-2000)

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	Lihat butir (4.2.3.1 1) (5)
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

**Tabel 3.8** Nilai deviasi standar untuk indikasi tingkat pengendalian mutu beton (Mulyono, 2004)

Deviasi Standaar (S)	Indeks Tingkat Pengendalian Mutu Beton
2,8	Sangat memuaskan
3,5	Memuaskan
4,2	Baik
5,6	Cukup
7,0	Jelek
8,4	Tanpa kendali

Data hasil uji yang digunakan untuk menghitung deviasi standar (S) haruslah sebagai berikut:

- a. Mewakili bahan-bahan, prosedur pengawasan mutu dan kondisi produksi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan.

- b. Mewakili kuat tekan beton yang diisyaratkan  $f_c'$  yang nilainya dalam batas lebih kurang 7 MPa dari nilai yang ditentukan.
- c. Paling sedikit dari 30 hasil uji yang berurutan atau dua kelompok hasil uji berurutan jumlah benda uji minimum 30 hasil uji diambil dalam prediksi selama jangka waktu tidak kurang dari 45 hari.

3. Nilai Tambah (Margin)

Nilai tambah dihitung dengan rumus:

$$M = K \times S \dots\dots\dots(3.20)$$

Dimana:

$M$  = Nilai tambah margin (N/mm<sup>2</sup>)

$K = 1,64$  adalah ketetapan statistik yang nilainya tergantung pada persentase yang lebih rendah dari  $f_c'$ . Dalam hal ini diambil 5%, sehingga nilai  $k = 1,64$

$S$  = Standar deviasi (N/mm<sup>2</sup>).

4. Perhitungan kuat tekan rata-rata ( $f_c'r$ ) yang ditargetkan. Kuat tekan rata-rata direncanakan dihitung dengan rumus:

$$f_c'r = f_c' + M \dots\dots\dots(3.21)$$

Dimana:

$f_c'r$  = Kuat tekan rata-rata (MPa)

$f_c'$  = Kuat tekan beton yang direncanakan (MPa)

$M$  = Nilai tambah atau Margin (MPa)

5. Menetapkan jenis semen *Portland* yang digunakan.
6. Menetapkan jenis agregat yang akan digunakan. Baik agregat halus maupun agregat kasar.

7. Menentukan Faktor Air Semen (FAS)

Faktor Air Semen adalah perbandingan berat air dengan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Faktor air semen sangat mempengaruhi keadaan beton, semakin rendah perbandingan semen dengan air berarti semakin kental campuran beton dan semakin tinggi juga kuat tekan beton yang dihasilkan. Nilai faktor air semen semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kuat tekan beton semakin tinggi, ada

batasan-batasan dalam hal ini. Nilai faktor air semen yang rendah dapat menyebabkan kesulitan dalam pekerjaan, yaitu kesulitan dalam pemadatan yang menyebabkan mutu beton menurun. Faktor air semen didapat dari grafik hubungan antara kuat tekan dengan faktor air semen dengan benda uji silinder. Dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Tentukan kuat tekan beton pada umur 28 hari berdasarkan tipe semen dan agregat dapat dilihat pada tabel 3.6 rencana pengujian kuat tekan dengan grafik hubungan kuat tekan dan faktor air semen dapat dilihat pada gambar 3.1 sesuai dengan benda uji yang direncanakan.
  - b. Lalu tarik garis tegak lurus pada FAS 0,5 sampai memotong kurva kuat tekan beton yang ditentukan.
  - c. Tarik garis mendatar kuat tekan yang dipakai sampai memotong garis tegak lurus.
8. Penetapan Faktor Air Semen (FAS) maksimum  
Penetapan ini berdasarkan jumlah semen minimum dengan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam rancangan campuran beton.
  9. Penetapan nilai *slump*.
  10. Penetapan ukuran agregat maksimum.
  11. Kadar air bebas: untuk menentukan kadar air bebas agregat gabungan yang berupa campuran antara campuran pasir alami dan kerikil (batu pecah) maka kadar air bebas harus diperhitungkan antara 160-190 kg/m<sup>3</sup> (kalau slump 30-60 mm dan baris ukuran maksimum 30mm, memakai rumus  
Dengan:  $\frac{2}{3} Wh + \frac{1}{3} Wk$   
*Wh* : perkiraan air untuk agregat halus  
*Wk* : perkiraan air untuk agregat kasar
  12. Menghitung jumlah semen langkah 11, dan langkah 8. Jumlah air/fas
  13. Jumlah semen maksimum diabaikan jika tidak ditetapkan.

14. Tentukan jumlah semen minimum. Berat semen yang diperoleh dari langkah 11 harus lebih besar dari kebutuhan minimum.
15. Tentukan faktor air semen yang disesuaikan.
16. Menentukan jumlah susunan butiran agregat halus, sesuai dengan syarat SK 03-2834-2000.
17. Menentukan persentase agregat halus terhadap campuran berdasarkan nilai *slump*, faktor air semen dan besar nominal agregat maksimum.
18. Menghitung berat jenis relative agregat:

$$BJ. \text{ Campurann} = \left(\frac{P}{100} \times BJ \text{ agregat halus}\right) + \left(\frac{K}{100} \times BJ \text{ agregat kasar}\right) \dots\dots\dots(3.22)$$

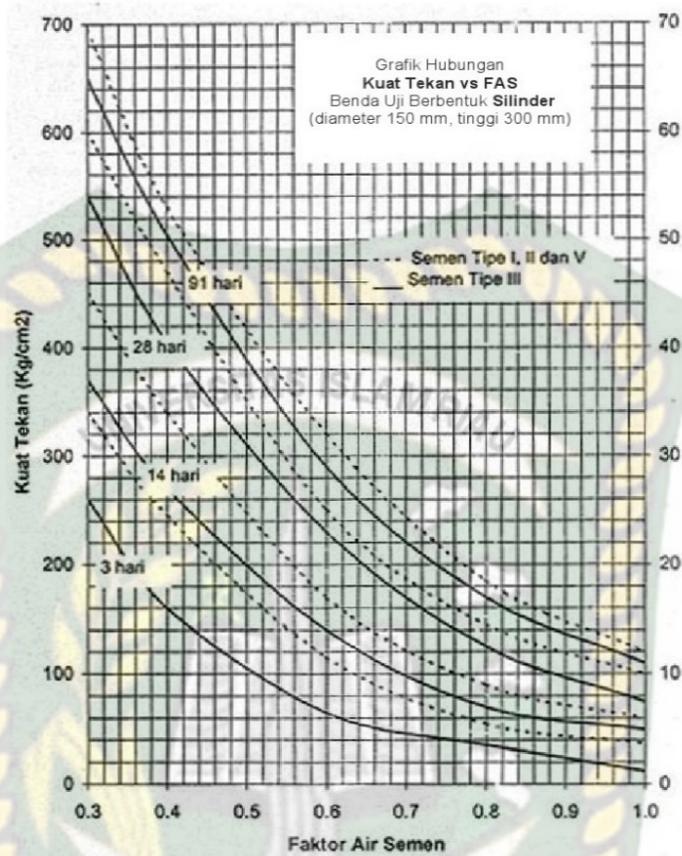
Dimana:

$P$  = Persentase agregat halus terhadap agregat campuran (%)

$K$  = Persentase agregat kasar terhadap agregat campuran (%)

$BJ$  = Berat Jenis

19. Tentukan berat jenis beton, berdasarkan jenis agregat gabungan dan nilai kadar air bebas, langkah 11.
20. Hitung kadar air gabungan, yaitu berat jenis beton dikurangi dengan kadar semen dan kadar air, langkah 19-15-11
21. Hitung agregat halus yang besarnya adalah kadar agregat gabungan dikalikan persentase agregat halus dalam campuran, langkah 20-16.
22. Hitung kadar agregat kasar, agregat gabungan dikurangi kadar agregat kasar, langkah 20 dan 21.



**Gambar 3.1** Hubungan antara kuat tekan beton dan faktor air semen benda uji silinder 150 mm x 300 mm (SNI 03-2834-2000)

**Tabel 3.9** Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air semen 0,5 dan jenis agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia (SNI 03-2834-2000)

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (MPa)				Bentuk Benda Uji
		3	7	28	91	
Semen <i>Portland</i> tipe 1 atau semen tahan sulfat tipe II dan IV	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	18	27	37	45	
	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Semen <i>portland</i> tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Catatan :

$$1 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ MPa}$$

Kuat tekan silinder 0,83 kuat tekan kubus

### 3.9 *Slump Test*

*Slump* test adalah salah satu cara untuk mengukur kecairan atau kepadatan dalam adukan beton. Pengujian *slump* test menghasilkan cara praktis dan sederhana untuk mempertahankan informasi yang dapat diterima terhadap konsistensi beton yang dihasilkan dilapangan. Tujuan *slump test* adalah untuk mengecek adanya perubahan kadar air yang ada dalam adukan beton, sedangkan pemeriksaan nilai *slump* dimaksud untuk mengetahui konsistensi beton dan sifatnya *workability* (kemudahan dalam pekerjaan) beton sesuai dengan syarat-syarat yang ditetapkan, semakin rendah nilai *slump* menunjukkan bahwa beton semakin kental dan nilai *slump* yang tertinggi menunjukkan bahwa beton tersebut semakin encer.

Untuk itu dianjurkan penggunaan nilai *slump* yang terletak dalam batasan yang telah ditentukan dalam tabel 3.10 berikut ini :

**Tabel 3.10** Penetapan nilai *slump*

Pemakaian Beton	Slump (cm)	
	Maks	Min
Dinding, palt pondasi dan plat telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapat tidak bertulang koison, struktur dibawah tanah	9,0	2,5
Plat, Balok, Kolom, dan Dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan massal	7,5	2,5

Sumber : Tjokrodimulyo,1997

Pengujian *slump* dilakukan untuk mengetahui tingkat kekecekan beton segar yang dihasilkan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan kerucut abrams, pelaksanaan pengujian denagan cara kerucut abrams diletakan diatas talem baja yang rata dan tidak menyerap air. Adukan beton dituang dalam 3 tahap, volume

berturut-turut 1/3, 2/3, hingga penuh. Tiap lapisan ditumbuk dengan menggunakan batang baja diameter 16 mm dan panjang 600 mm sebanyak 25 kali, penusukan dilakukan secara merata keseluruhan bidang dan dijaga agar tidak mengenai lapisan dibawahnya. Kemudian kerucut diangkat tegak lurus keatas, maka lapisan beton akan turun dari posisi semula, penurunan ini diukur dengan cara meletakkan kerucut abrams di sampingnya, kemudian diukur selisih beda tingginya penurunan dari posisi semula ini disebut *slump*.

### 3.10 Perawatan Beton

Perawatan beton adalah usaha untuk merawat beton dengan tujuan utama untuk menjaga kadar air (didalam beton) yang mencukupi, artinya dalam kualitas yang mencukupi untuk keperluan pertumbuhan optimal kekakuan beton serta temperatur normal, terutama pada umur beton yang masih muda agar kekuatan dan kinerja beton dapat tumbuh dengan normal.

Ada beberapa cara perawatan beton yang sering digunakan pada proses pengerasan adalah sebagai berikut (Supartono,1997 dalam Setiawan, 2015):

1. Perawatan dengan air

Cara ini merupakan cara yang paling banyak digunakan. Namun demikian, penggunaan cara ini perlu didukung oleh pertimbangan ekonomi sehubungan dengan kondisi lapangan dan tersedianya air dilokasi pekerjaan. Dengan mutu air yang digunakan harus bebas dari bahan-bahan yang agresif terhadap beton.

Ada beberapa macam cara perawatan beton dengan menggunakan air, sebagai berikut :

- a. Penyemprotan dengan menggunakan air.
- b. Perendaman dalam air.
- c. Penumpukan jerami basah.
- d. Pelapisan tanah atau pasir basah.
- e. Penyelimutan dengan kain atau karung basah.

2. Perawatan dengan penguapan

Cara ini banyak digunakan dengan tujuan untuk mendapatkan kuat tekan awal yang tinggi pada elemen-elemen beton pracetak, seperti pada proses pabrikasi tiang pancang beton pratekan.

3. Perawatan dengan penguapan pada tekanan tinggi

Cara ini dikenal juga sebagai *high pressure steam curing*, banyak digunakan untuk perawatan elemen beton ringan. Cara ini digunakan sering kali dengan tujuan untuk mengurangi resiko terjadinya retak susut elemen beton dan sekaligus meningkatkan kemampuan ketahanan terhadap sulfat.

4. Perawatan dengan isolasi permukaan beton

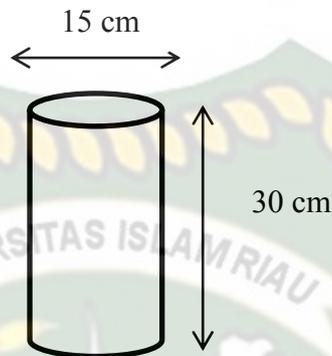
Cara perawatan dengan menggunakan lapisan yang rapat untuk menutupi permukaan beton biasa merupakan solusi yang baik, karena cara ini bisa menghambat proses penguapan air pori dari dalam beton, disamping juga bisa mengurangi resiko timbulnya perbedaan temperatur yang menyolok antara bagian dalam beton dengan bagian luar beton. Beberapa material yang biasa digunakan untuk keperluan perawatan ini antara lain:

- a. Lapisan pasir kering
- b. Lembaran plastik
- c. Kertas berserat, yang dilapisi dengan *adhesif bituminous*.

### 3.11 Kuat Tekan Beton ( $f_c'$ )

Kuat tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah bangunan, semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Manik, 2008). Kuat tekan yang diinginkan selalu menjadi acuan dalam sebuah pengecoran beton, dengan kata lain kuat tekan beton yang memuaskan adalah sebuah indikator untuk mengetahui apakah rancangan campuran beton tersebut merupakan campuran yang bagus atau tidak (Rosida, 2007).

Rancangan campuran beton untuk penelitian ini menggunakan benda uji silinder dengan ukuran, diameter 150 mm, panjang 300 mm. Dapat dilihat pada gambar berikut ini:



**Gambar 3.3** Benda uji silinder (Pahrevi, 2015)

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton dapat dikelompokkan menjadi dua bagian (Ghambir, 2005 dalam Setiawan 2015) sebagai berikut:

1. Faktor yang berdasarkan kepada metode percobaan
  - a. Ukuran contoh percobaan.
  - b. Keadaan tumpuan.
  - c. Ukuran contoh dalam hubungan ukuran agregat.
  - d. Keadaan air.
  - e. Tipe pengangkutan beton.
  - f. Pembebanan rata-rata dari contoh benda uji.
  - g. Tipe uji mesin.
  - h. Asumsi dari analisa yang berhubungan dengan ketegangan untuk keruntuhan kegagalan beton.
2. Faktor yang berdasarkan kepada metode percobaan
  - a. Tipe semen, umur perawatan dan jenis agregat.
  - b. Derajat kepadatan.
  - c. Proporsi campuran beton, berat isi semen, perbandingan agregat.
  - d. Tipe perawatan dan suhu masa perawatan.
  - e. Sifat jenis perbedaan yang mana sebagai contoh benda uji, statis, pemeliharaan, dinamis dan lain-lain.

Berdasarkan kuat tekannya beton dapat dibagi beberapa jenis antara lain :

**Tabel 3.11** Beberapa Jenis Beton Menurut Kuat Tekan

Jenis Beton	Kuat Tekan (Mpa)
Beton Sederhana (plain concrete)	Sampai 10 Mpa
Beton Normal (beton biasa)	15-30 Mpa
Beton Prategang	30-40 Mpa
Beton Kuat Tekan Tinggi	40-80 Mpa
Beton Kuat Tekan Sangat Tinggi	>80 Mpa

Sumber : Tjokrodimuljo, 1992

Kuat tekan beton didapat melalui pengujian kuat tekan dengan memakai alat uji tekan (*compressive strength machine*). Pemberian beban tekan dilakukan bertahap dengan kecepatan beban tertentu atas uji beton. Besarnya kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus :

1. Kuat tekan beton ( $f'c$ )

$$F_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(3.23)$$

Dimana:

$F_c'$  = Kuat tekan benda uji beton, Mpa

P = Besar beban maksimum, N

A = Luas penampang benda uji, mm<sup>2</sup>

2. Kuat tekan rata-rata benda uji ( $f_c'r$ )

Kuat tekan rata-rata benda uji adalah kuat tekan beton yang dicapai dari beberapa sampel benda uji dibagi dengan jumlah benda uji, dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$F_c'r = \frac{\sum f'c}{n} \dots\dots\dots(3.24)$$

Dimana:

$f'c$  = Kuat tekan benda uji beton (Kg/cm<sup>2</sup>)

$f_c'r$  = Kuat tekan rata-rata dari jumlah benda uji (Kg/cm<sup>2</sup>)

n = Jumlah benda uji.

## 3. Standar deviasi (s)

Definisi standar deviasi adalah suatu istilah statistik yang dipakai sebagai ukuran tingkat variasi suatu hasil produk tertentu (dalam hal ini produk beton). Rumus standar deviasi dapat dilihat pada persamaan 3.2 :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f'c_i - f'c_r)^2}{n-1}} \dots\dots\dots(3.25)$$

Dimana:

$S$  = Standar deviasi.

$f'c_r$  = Kuat tekan beton estimasi 28 hari.

$n-1$  = Jumlah benda uji.

$f'c_r$  = Kuat tekan beton rata-rata 28 hari.

4. Kuat tekan karakteristik ( $f'c_k$ )

Kuat tekan karakteristik atau kuat tekan rata-rata perlu yang digunakan sebagai dasar pemilihan campuran beton, lihat persamaan 3.3 (panduan teknologi bahan beton, Universitas Islam Riau, 2016):

$$f'c_k = f'c_r - (1,64 \cdot s) \dots\dots\dots(3.26)$$

Dimana:

$f'c_k$  = Kuat tekan karakteristik beton

$f'c_r$  = Kuat tekan beton rata-rata estimasi 28 hari

$s$  = Standar deviasi

Kuat tekan karakteristik yang diperoleh harus lebih atau sama dengan kuat tekan karekteristik yang direncanakan atau ( $f'c \geq f'c_r$ ) (Dipohusodo, 1997 dalam Setiawan, 2015).