

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Beton**

Beton adalah suatu material komposit yang terbentuk dari campuran agregat kasar (biasanya berupa kerikil), agregat halus (pasir), semen, dan air, yang mengeras seiring waktu melalui proses hidrasi semen. Beton telah menjadi bahan konstruksi yang sangat umum karena kekuatan, daya tahan, dan fleksibilitasnya dalam dibentuk menjadi berbagai bentuk.

Menurut (SNI 03-2847-2002) campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Perbandingan yang optimal antara agregat campuran yang bentuknya berbeda - beda sehingga pembentukan beton dapat dimanfaatkan oleh seluruh material. Dengan demikian kita dituntut untuk merancang dan merencanakan perbandingan campuran yang tepat sesuai komposisi unsur pembentukan beton yaitu agregat kasar + agregat halus ( 60% - 80% ), semen ( 7% - 15%), air ( 14% - 21% ), udara ( 1% - 8% ). Tujuan dari perencanaan campuran ialah untuk menentukan proporsi semen, agregat halus dan kasar serta air yang memenuhi persyaratan berikut ini (Junaidi 2015)

1. Workabilitas, untuk memenuhi workabilitasnya yang cukup, pencetakan dan pemasangan beton sepenuhnya dengan peralatan yang tersedia. Pemilihan workabilitas merupakan tanggung jawab pemborong sepenuhnya dan hal ini sangat penting, terutama apabila beton dipompa atau digetarkan. Campuran harus kohesif dan terhindar dari kemungkinan keropos water gain (berkumpulnya air dibawah partikel agregat sebagai akibat bleeding) dan kesukaran lain sebagai akibat segresi.

2. Durabilitas atau sifat awet berhubungan dengan kekuatan desak, semakin besar keuatannya maka semakin awet betonnya.
3. Kekuatan tekan, kuat tekan yang dicapai pada umur 28 hari ( umur yang ditentukan ) harus memenuhi persyaratan yang diberikan oleh perencana kontruksinya.
4. Penyelesaian akhir dari permukaan beton. Kohesi yang kurang baik dapat merupakan salah satu sebab penyelesaian akhir yang kurang baik, bila beton dicetak pada acuan tegak, seperti goresan pasir dan variasi warna dan dapat juga mendatangkan seukuran didalam menambal bidang horizontal menjadi suatu penyelesaian akhir yang halus dan padat.

Proporsi bahan penyusun, metode desain, perawatan, dan kondisi pada saat pengecoran adalah empat faktor utama yang mempengaruhi kualitas beton, di mana hal ini terutama di pengaruh oleh lingkungan setempat. (Mulyono 2015)

Beberapa kelebihan beton dalam (Hamdi dkk., 2002)

1. Dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi
2. Memikul beban yang berat
3. Tahan terhadap temperatur tinggi
4. Pemeliharaan beton sangat kecil biayanya
5. Material yang masih segar mudah dipompakan untuk dituang
6. Tahan aus sehingga perawatannya mudah
7. Material segar juga mudah disemprotkan atau diisikan ke beton lama yang retak untuk memenuhi keperluan perbaikan
8. Mampu menahan gaya yang optimal.

Di samping segalah kelebihan beton di atas, beton juga sebagai struktur mempunyai kelemahan yang perlu dipertimbangkan (Nugraha, P. 2007)

1. Berat sendiri beton yang besar, sekitar  $2400 \text{ kg/m}^3$

2. Kekuatan tariknya rendah, meskipun kekuatan tekannya besar
3. Beton cenderung untuk retak, karena semennya hidraulis
4. Kualitasnya sangat tergantung cara pelaksanaan di lapangan. Beton yang baik dan yang buruk dapat terbentuk dari rumus dan campuran yang sama
5. Struktur beton sulit untuk dipindahkan. Pemakaian kembali atau daur ulang sulit dan tidak ekonomis

## **2.2 Klasifikasi Beton**

Beton dapat diklasifikasikan berdasarkan berat jenisnya ( SNI 03-2847-2002, 2002), yaitu:

1. Beton Ringan : Berat jenis  $< 1900 \text{ kg/m}^3$
2. Beton normal : Berat jenis  $2200 \text{ kg/m}^3$  -  $2500 \text{ kg/m}^3$
3. Beton Berat : Berat jenis  $> 2500 \text{ kg/m}^3$

Klasifikasi beton berdasarkan cara pembuatannya (Mulyono 2015)

1. Beton kovensional

Dibandingkan dengan bahan lain seperti kayu dan baja, beton lebih banyak digunakan di Indonesia. Hal ini disebabkan bahan untuk memproduksinya mudah didapat di Indonesia, tahan lama, mudah dibentuk, dan relatif murah. Dalam sistem beton konvensional dapat memperhatikan beberapa hal, seperti waktu yang lama dan kurang bersih, kontrol kualitas yang lebih sulit, dan bahan dasar cetakan dari kayu dan triplek yang semakin langka dan mahal.

2. Beton modern

Saat ini penggunaan bahan tambahan menjadi penting untuk mengubah sifat dan karakteristik tertentu dari beton konvensional menjadi beton modern, berupa bahan tambahan kimia (*admixtures*) dan mineral/bahan tambahan. Bahan kimia tambahan ini biasanya berbentuk bubuk atau cair dan mempunyai efek kimia langsung terhadap kondisi campuran beton. Sedangkan mineral atau bahan tambahan tersedia dalam bentuk agregat yang mempunyai sifat tertentu.

## **2.3 Material Penyusun Beton**

Berikut ini akan dijabarkan material atau bahan-bahan penyusun beton yang juga akan dipakai sebagai bahan pembentuk beton yang akan diteliti pada penelitian ini. Adapun material dalam pembentuk beton adalah sebagai berikut:

### **2.3.1 semen**

Semen adalah bahan pengikat utama dalam campuran beton. Ketika bercampur dengan air, semen mengalami reaksi kimia yang disebut hidrasi, yang mengakibatkan pembentukan gel dan produk keras yang mengikat partikel agregat bersama-sama. Jenis semen yang umum digunakan dalam beton adalah semen portland.

Arti semen yaitu bahan pengikat hidrolis berbentuk klinker (bahan ini terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis) yang dihaluskan dengan ditambah gips (Anggoro Y, 2008). (Hamdi dkk., 2022)

Semen ketika terkena air, menjadi material komposit yang aktif secara kimiawi. Meskipun partisipasi agregat dalam reaksi kimia sangat minim, agregat berfungsi sebagai pengisi mineral, mencegah perubahan volume beton setelah pencampuran dan meningkatkan daya tahan beton. Dalam komposisi beton pada umumnya, terdapat sekitar 1%-2% rongga udara, 25%-40% pasta semen (terdiri dari semen dan air), dan sekitar 60%-75% agregat (termasuk agregat halus dan kasar). Semen diklasifikasikan menjadi dua jenis: semen non-hidrolik dan semen hidrolik (Mulyono 2015).

#### **1) Semen non-hidrolik**

Semen non-hidrolik, seperti kapur, tidak dapat mengeras dalam air tetapi membutuhkan udara untuk mengeras. Kapur telah digunakan selama berabad-abad sebagai bahan adukan dan plesteran dalam pembangunan bangunan. Bukti penggunaan kapur ini bisa dilihat pada pembangunan piramida Mesir lebih dari 4500 tahun yang lalu sebelum masehi. Kapur juga digunakan sebagai bahan pengikat di zaman Romawi dan Yunani.

Contohnya adalah penggunaan kapur dalam pembangunan Colosseum dan Pantheon dengan mencampurnya dengan abu vulkanik yang disebut Pozzolan, yang diperoleh dari dekat Pozzuoli di Italia oleh orang-orang Romawi.

2) Semen hidrolik

Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras di dalam air, semen hidrolik antara lain:

- a. Kapur hidrolik,
- b. semen pozollan,
- c. semen terak,
- d. semen alam,
- e. semen portland,
- f. semen portland-pozolan,
- g. semen portland terak tanur tinggi,
- h. semen alumina,
- i. semen expansif,
- j. semen porland putih,
- k. semen warna, dan semen-semen untuk keperluan khusus.

Ada juga jenis semen yang biasa digunakan oleh masyarakat yaitu (Hamdi dkk., 2022):

- 1) Portland Pozzolan Cement (PPC): berguna untuk rumah, bangunan struktur, bendung, saluran irigasi, bangunan pantai dan bangunan di area rawa/gambut, bangunan yang memiliki tingkat hidrasi sedang dan bagian bangunan lainnya seperti pasangan batu, plester dinding, tegel dan pasta semen.
- 2) Portland Composite Cement (PCC): banyak digunakan pada bangunan umum dan semua jenis mutu beton dapat digunakan seperti perumahan, bangunan gedung bertingkat, jembatan, jalan beton dan

bahan bangunan seperti pasangan batu, plester dinding, tegel dan pasta semen.

Bahan dasar pembetuk semen portland terdiri dari kapur, silika, alumina dan oksida besi. Oksida tersebut bereaksi membentuk suatu produk yang terbentuk akibat peleburan. Unsur- unsur pembentuk semen dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 2.1** susunan unsur semen Portland tipe I

Oksida	Notasi pendek	Nama umum	% berat
CaO	C	Kapur	63
SiO <sub>2</sub>	S	Silica	22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	A	Aluminia	6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F	Ferrit oksida	2,5
MgO	M	Magnesia	2,6
K <sub>2</sub> O	K	Alkalis	0,6
Na <sub>2</sub> O	N	Disodium oksida	0,3
SO <sub>2</sub>	S	Sulfur oksida	2,0

Sumber: Teknologi beton; dari material, pembuatan, ke beton kinerja tinggi, (Nugraha, P. 2007).

Semen Portland memiliki beberapa tipe dan penggunaannya. Dalam penelitian ini, jenis semen yang digunakan yaitu sement Portland tipe I yaitu semen Portland yang digunakan untuk penggunaan umum segala macam konstruksi dimana tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus, seperti

ketahanan terhadap sulfat, panas hidrasi, dan sebagainya (SNI 2049 : 2015 Standar Nasional Indonesia, 2019)

### **2.3.2 Agregat**

Secara umum, agregat dapat diklasifikasikan berdasarkan ukuran dan bentuknya ke dalam dua kategori: agregat kasar dan agregat halus. Batas ukurannya adalah 4,80 mm menurut Standar Inggris atau 4,75 mm menurut Standar ASTM. Agregat kasar mengacu pada batuan dengan ukuran butir lebih besar dari 4,80 mm (4,75 mm), sedangkan agregat halus mengacu pada batuan dengan ukuran butir lebih kecil dari 4,80 mm (4,75 mm). Untuk ukuran yang lebih besar dari 4,80 mm, mereka dapat dibagi lagi menjadi dua kategori: kerikil beton untuk diameter antara 4,80-40 mm, dan kerikil kasar untuk ukuran yang lebih besar. Agregat yang digunakan dalam campuran beton biasanya berukuran lebih kecil dari 40 mm, sedangkan yang lebih besar dari 40 mm digunakan dalam proyek-proyek teknik sipil lainnya seperti pembangunan jalan, dinding penahan tanah, bronjong, bendungan, dan banyak lagi. Agregat halus biasanya disebut sebagai pasir, sedangkan agregat kasar dikenal sebagai kerikil, spilit, batu pecah, kricak, dan lain-lain (Mulyono 2015).

Fungsi agregat adalah sebagai bahan pengisi adukan beton atau mortar. Komposisi agregat pada adukan beton +/- 70 % dari komposisi beton ataupun mortar. Sehingga agregat memiliki sifat yang sangat mempengaruhi mutu beton. (Riyadi M. & Amalia, 2005 dalam Hamdi dkk., 2022)

### **2.3.3 Agregat Halus**

Defenisi agregat halus menurut (SNI 03-2847-2002) adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm.

Agregat halus atau pasir mempunyai ukuran lebih kecil. Sebagaimana terdapat dalam standar spesifikasi (ASTM C33/C33M – 13 2010) yaitu butiran agregat yang lolos saringan no. 4 (4,8 mm) dan tertahan saringan no.100

(150  $\mu\text{m}$ ). Standar dari agregat halus yang baik digunakan terdapat dalam (ASTM C33/C33M – 13 2010), yaitu :

1. Memiliki butir-butir yang tajam dan keras, dan tidak hancur atau pecah oleh pengaruh cuaca.
2. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5 % (ditentukan terhadap berat kering).
3. Tidak mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak. Diperiksa dengan percobaan warna dari Abraham Harder (dengan menggunakan larutan NaOH 3%).
4. Ukuran butiran (gradasi) tidak seragam sesuai dengan batas gradasi yang disyaratkan.

Ditinjau dari asal atau sumber terdapat beberapa jenis agregat halus, yaitu (Suhendra. Yamali, Fakhrul Rozi. Ningfuri 2014):

1. Pasir galian

Yaitu pasir yang berasal dari tanah yang diperoleh dengan menggalinya terlebih dulu. Sifat pasir galian biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas kandungan garam. Tetapi biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan jalan dicuci.

2. Pasir sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari sungai. Sifat pasir sungai biasanya bebutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan, daya lekat antar butir butiran kurang.

3. Pasir laut

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai. Sifat pasir ini butirannya halus dan bulat karena gesekan dan banyak mengandung garam. Pasir laut tidak baik digunakan untuk bahan bangunan karena kadar garamnya tinggi.

Ketiga jenis pasir yang diuraikan diatas merupakan pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batu-batuan. Disamping itu juga terdapat pasir

batuan yang disebut abu batu yaitu hasil dari pecahan batu oleh alat pemecah batu (*stone crusher*).

#### **2.3.4 Agregat Kasar**

Defenisi agregat kasar menurut (SNI 03-2847-2002) adalah kerikil sebagai hasil disentegrasi alami batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butiran antara 5 mm sampai 40 mm. Ukuran butiran agregat kasar menurut (ASTM C33/C33M – 13 2010) , yaitu agregat yang tertahan saringan no. 16 (1,18 mm) dan lolos saringan 4,0 inci ( 100 mm).

Agregat yang baik adalah agregat yang keras, ulet dan kuat yang kekuatannya melebihi kekuatan semen Portland setelah mengeras. Untuk mendapatkan sifat keawetan yang diinginkan maka agregat harus (Suhendra. Yamali, Fakhrul Rozi. Ningfuri 2014) :

1. Dapat menahan kelapukan (terhadap cuaca).
2. Tidak akan terjadi reaksi antara mineralmineral agregat dengan senyawa dari semen.
3. Agregat tidak mengandung impuritis
4. yang dapat memberi akibat pada
5. kekuatan dari pasta semen.

#### **2.3.5 Air**

Air yang dapat di minum umumnya dapat di pergunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila di pakai dalam campuran beton akan menyebabkan penurunan kwalitas beton yang di hasilkan dan juga akan mengubah sifat-sifat beton yang di buat. Karena karakter pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang di tinjau, tetapi hanya perbandingan antara air dengan semen saja atau biasa di sebut faktor air semen (water cement ratio) (Mulyono 2015).

Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan (SNI 03-2847-2002, 2009).

Syarat Mutu Air Menurut Bristis Standard (BS.3148) Jika ketentuan-ketentuan di bawah ini tidak dapat terpenuhi sebaiknya air tidak di pergunakan dalam membuat campuran beton. Syarat-syarat tersebut antara lain (Mulyono 2015):

1. Garam-garam Anorganik; Gabungan ion-ion tidak boleh melebihi atau lebih besar dari 2000 mg/lit
2. NaCl dan Sulfat; sebesar 20000 ppm pada umumnya dapat diijinkan.
3. Air Asam; tidak dapat digunakan, semakin tinggi nilai asam (pH 3.00) akan menyulitkan kita dalam pengolahan pekerjaan beton
4. Air Basa; Air dengan konsentrasi Natrium hydroxida < 0.5% dari berat semen, akan mempengaruhi kekuatan beton.
5. Air Gula; > 0.2% dari berat semen, maka waktu pengikatan lebih cepat.
6. Minyak; konsentrasi > 2% dari berat semen dapat mengurangi kekuatan beton sampai dari 20%.
7. Rumput Laut; beton menjadi keropos
8. Zat-zat Organik, Lanau dan Bahan-bahan Terapung; mempengaruhi waktu pengikatan semen dan kekuatan beton.
9. Pencemaran Limbah Industri atau Air Limbah; mengandung kira-kira 400 ppm organik. Menyebabkan turunnya kekuatan tekan.

### **2.3.1 Bahan Tambah**

Bahan tambah didefinisikan dalam *Standard Definitions of Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates*, (ASTM C.125-1995:61) dan dalam Cement and Concrete Terminology, ACI SP-19 sebagai material selain air, agregat dan semen hidrolik yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Bahan

tambah kimia harus memenuhi syarat yang diberikan dalam ASTM C.494, "Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete". (Mulyono 2015)

Jenis Bahan Tambah dapat dikelompokan menjadi dua yaitu bahan tambah kimia dan mineral. Bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*). Bahan tambah *admixture* ditambahkan saat pengadukan dan atau saat pelaksanaan pengecoran (*placing*) sedangkan bahan tambah additive yaitu yang bersifat mineral ditambahkan saat pengadukan dilaksanakan.

#### **2.4 Proses Pengerasan dan Sifat-Sifat Beton**

Beton mengalami pengerasan seiring waktu melalui proses yang disebut hidrasi. Proses ini dimulai segera setelah air dicampurkan dengan semen dan berlangsung selama beberapa hari hingga beton mencapai kekuatan maksimumnya. Biasanya, dalam standar pengujian, kekuatan beton diukur pada usia 7, 14, dan 28 hari. Namun, beton terus mengeras meski perlahan setelah 28 hari.

Beberapa sifat penting dari beton yang mempengaruhi performa dan penggunaannya adalah:

1. Kuat Tekan

Kekuatan untuk menahan beban tekan merupakan salah satu sifat yang paling signifikan dari beton, dan sering dijadikan ukuran utama kualitas beton.

2. Durabilitas

Durabilitas beton mengacu pada kemampuannya untuk bertahan terhadap kondisi lingkungan tanpa mengalami kerusakan yang signifikan, seperti erosi, korosi, atau perubahan suhu.

3. Workability

Ini merujuk pada kemudahan beton untuk diaduk, dicetak, dan dihaluskan tanpa segregasi agregat. Workability yang baik diperlukan untuk mendapatkan hasil beton yang padat dan kuat.

#### 4. Tahan terhadap Lingkungan

Beton harus memiliki ketahanan yang baik terhadap berbagai kondisi lingkungan seperti perubahan suhu, air, garam, atau bahan kimia yang dapat merusak struktur internal beton.

### 2.5 Kuat Tekan Beton

#### 2.5.1 Definisi Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah salah satu sifat mekanis utama yang menjadi tolak ukur kualitas beton. Kuat tekan didefinisikan sebagai kemampuan beton untuk menahan beban tekan per satuan luas hingga terjadi keruntuhan. Secara teknis, kuat tekan diukur melalui pengujian beton yang diberikan tekanan secara bertahap hingga mencapai titik hancur. Kuat tekan ini biasanya dinyatakan dalam satuan megapascal (MPa) atau kilogram per sentimeter persegi ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ). Dalam konstruksi, kuat tekan beton menjadi parameter utama untuk memastikan beton dapat menahan beban yang diberikan tanpa mengalami deformasi berlebihan atau kerusakan struktural.

#### 2.5.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya adalah:

##### 1. Rasio Air-Semen (*w/c ratio*)

Rasio air-semen adalah salah satu faktor terpenting yang menentukan kuat tekan beton. Semakin rendah rasio air-semen, semakin tinggi kekuatan tekan beton. Ini karena lebih sedikit air akan menghasilkan campuran yang lebih padat dan lebih sedikit porositas, yang pada akhirnya meningkatkan kekuatan beton. Sebaliknya, rasio air-semen yang terlalu tinggi akan menyebabkan beton menjadi lebih rapuh dan mudah mengalami keretakan karena porositas yang lebih besar.

##### 2. Kualitas dan Jenis Semen

Jenis semen yang digunakan dalam campuran beton mempengaruhi kekuatan tekan. Semen Portland, yang merupakan jenis semen yang paling umum digunakan, memiliki beberapa tipe yang masing-masing mempengaruhi kecepatan pengerasan dan kuat tekan. Misalnya, semen Portland tipe I digunakan untuk konstruksi umum, sementara tipe III digunakan untuk konstruksi yang memerlukan kekuatan awal yang tinggi.

### 3. Jenis dan Kualitas Agregat

Kualitas agregat yang digunakan, baik agregat kasar maupun halus, sangat mempengaruhi kekuatan tekan beton. Agregat yang bersih, keras, dan memiliki ukuran seragam cenderung menghasilkan beton dengan kuat tekan yang lebih tinggi. Agregat yang mengandung kotoran, lumpur, atau bahan organik dapat melemahkan ikatan dalam campuran beton, sehingga menurunkan kekuatannya.

### 4. Zat Aditif dan Bahan Tambahan

Penggunaan zat aditif seperti plastisizer, superplastisizer, akselerator, dan retarder dapat mempengaruhi kuat tekan beton dengan cara meningkatkan workability atau mempercepat/memperlambat waktu pengerasan beton. Selain itu, bahan tambahan seperti kapur sirih atau fly ash juga dapat mempengaruhi karakteristik kuat tekan beton, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang.

### 5. Metode Perawatan Beton (Curing)

Curing atau perawatan beton adalah proses menjaga kelembaban beton agar hidrasi semen dapat berlangsung dengan sempurna, sehingga beton mencapai kekuatan maksimalnya. Perawatan yang tidak memadai selama proses pengerasan beton dapat menyebabkan retakan dini dan mengurangi kuat tekan beton. Metode perawatan umum meliputi penyiraman air, penutupan dengan lembaran plastik, atau aplikasi curing compound.

### 6. Umur Beton

Kuat tekan beton bertambah seiring bertambahnya umur beton. Pada umumnya, kuat tekan beton diukur pada usia 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Beton mencapai sekitar 70-80% dari kekuatan maksimumnya pada umur 28 hari. Setelah itu, kekuatan beton tetap bertambah meskipun dengan laju yang lebih lambat.

### **2.5.1 Standar Uji Kuat Tekan Beton**

Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan mengikuti standar yang berlaku secara internasional maupun nasional. Beberapa standar yang sering digunakan dalam pengujian kuat tekan beton antara lain:

1. SNI (Standar Nasional Indonesia)

Di Indonesia, standar yang digunakan untuk pengujian kuat tekan beton adalah SNI 1974:2011 tentang "Metode Pengujian Kuat Tekan Beton". Pengujian dilakukan dengan menggunakan silinder beton berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang diuji pada umur beton tertentu, biasanya 28 hari. Beton diberi beban tekan bertahap hingga mencapai titik keruntuhan, dan nilai kuat tekan dihitung dari hasil uji tersebut.

2. ASTM (*American Society for Testing and Materials*)

ASTM C39 adalah standar yang digunakan untuk menguji kuat tekan beton di Amerika Serikat. Pengujian dilakukan dengan metode serupa, di mana spesimen beton berbentuk silinder atau kubus diuji dengan memberikan tekanan secara bertahap.

3. BS (British Standard)

BS 1881 adalah standar yang digunakan di Inggris untuk pengujian kuat tekan beton. Seperti standar lainnya, pengujian dilakukan pada spesimen beton berbentuk kubus atau silinder dengan umur beton minimal 28 hari.

### **2.5.5 Kriteria Kuat Tekan Beton Sesuai Standar**

Kuat tekan beton yang dihasilkan harus memenuhi persyaratan atau kriteria tertentu sesuai dengan jenis konstruksi dan beban yang akan

ditanggung oleh beton. Kuat tekan beton sering dikategorikan berdasarkan kelas-kelas tertentu, seperti:

1. Kelas K-225

Beton dengan kuat tekan sebesar  $225 \text{ kg/cm}^2$  (22,5 MPa), yang biasanya digunakan untuk konstruksi umum seperti lantai atau dinding bangunan sederhana.

2. Kelas K-300

Beton dengan kuat tekan  $300 \text{ kg/cm}^2$  (30 MPa), yang sering digunakan pada bangunan bertingkat tinggi atau elemen struktural yang membutuhkan kekuatan lebih tinggi.

3. Kelas K-400 dan K-500

Beton kelas ini digunakan untuk proyek-proyek konstruksi besar seperti jembatan, terowongan, atau bangunan infrastruktur yang membutuhkan kekuatan tekan yang sangat tinggi.

### **2.5.5 Pengaruh Kuat Tekan Beton terhadap Kinerja Struktur**

Kuat tekan beton sangat berpengaruh terhadap kinerja keseluruhan dari suatu struktur bangunan. Semakin tinggi kuat tekan beton, semakin besar kemampuan beton untuk menahan beban tanpa mengalami deformasi atau keruntuhan. Beberapa aspek kinerja struktur yang dipengaruhi oleh kuat tekan beton meliputi:

1. Kapasitas Menahan Beban

Kuat tekan menentukan seberapa besar beban yang dapat ditahan oleh elemen beton, seperti kolom, balok, atau dinding. Jika kuat tekan tidak cukup, elemen beton tersebut dapat mengalami keruntuhan saat menerima beban berlebih.

2. Daya Tahan Terhadap Retak

Beton dengan kuat tekan tinggi cenderung memiliki daya tahan yang lebih baik terhadap retak atau keretakan dini, terutama pada kondisi

lingkungan yang ekstrem seperti perubahan suhu, kelembapan, atau paparan terhadap bahan kimia.

### 3. Ketahanan Terhadap Beban Jangka Panjang

Beton dengan kuat tekan yang memadai akan lebih tahan terhadap beban jangka panjang dan tidak akan mengalami penurunan performa atau kerusakan dini. Beton yang kurang kuat mungkin akan mengalami penurunan kekuatan setelah beberapa tahun penggunaan.

## **2.6 Kapur Sirih (Kalsium Hidroksida)**

### **2.6.2 Definisi Kapur Sirih**

Kapur sirih, secara kimia dikenal sebagai \*kalsium hidroksida\* ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), adalah senyawa kimia berwarna putih yang sering digunakan dalam berbagai keperluan, termasuk sebagai bahan tambahan dalam industri konstruksi. Kapur sirih diperoleh melalui proses hidrasi kapur tohor ( $\text{CaO}$ ) dengan air, di mana kapur tohor akan bereaksi dengan air untuk membentuk kalsium hidroksida. Dalam konteks tradisional, kapur sirih sering digunakan dalam pengolahan makanan dan industri kecil, tetapi dalam bidang teknik sipil, kapur sirih memiliki potensi sebagai bahan tambahan dalam beton untuk meningkatkan beberapa sifat mekanisnya.

### **2.6.2 Komposisi Kimia dan Sifat Fisik Kapur Sirih**

Kapur sirih memiliki rumus kimia  $\text{Ca(OH)}_2$  dan memiliki sifat-sifat fisik sebagai berikut:

#### 1. Bentuk Fisik

Berupa bubuk putih halus atau padatan berwarna putih.

#### 2. Densitas

Memiliki densitas sekitar 2,2–2,3 g/cm<sup>3</sup>.

#### 3. Kelarutan

Kalsium hidroksida agak sedikit larut dalam air, tetapi larutannya bersifat basa, dengan pH sekitar 12,4.

#### 4. Sifat Reaktif

Kalsium hidroksida bersifat higroskopis, artinya dapat menyerap kelembapan dari udara. Kapur sirih juga dapat bereaksi dengan karbon dioksida di udara untuk membentuk kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), yang merupakan material yang lebih stabil dan keras.

#### 2.6.1 Penggunaan Kapur Sirih dalam Konstruksi Beton

Dalam konstruksi, kapur sirih telah digunakan sejak zaman dahulu sebagai bahan campuran dalam mortar dan plester. Dalam beton modern, kapur sirih dapat ditambahkan sebagai bahan alternatif atau pelengkap untuk memodifikasi sifat mekanis dan kimia beton. Penggunaannya di bidang konstruksi beton meliputi beberapa aspek:

##### 1. Sebagai Bahan Pengisi (Filler)

Kapur sirih dapat digunakan sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Bahan pengisi bertujuan untuk meningkatkan kepadatan beton dengan mengisi celah-celah mikro di antara partikel agregat dan semen, sehingga mengurangi porositas dan meningkatkan kekuatan tekan beton.

##### 2. Pengaruh pada Workability

Kapur sirih dapat meningkatkan workability atau kemudahan pengrajaan beton. Penambahan kapur sirih dapat membuat campuran beton menjadi lebih plastis dan mudah dibentuk, terutama pada beton dengan rasio air-semen yang rendah. Ini dapat mengurangi kebutuhan akan penggunaan plastisizer.

##### 3. Sebagai Pengikat Tambahan

Reaksi kimia yang terjadi antara kapur sirih dengan air dan karbon dioksida dari udara dapat menghasilkan kalsium karbonat, yang merupakan senyawa keras. Pembentukan kalsium karbonat ini membantu memperkuat ikatan dalam struktur beton seiring waktu, terutama di lingkungan yang lembab atau basah.

## **2.6.4 Pengaruh Kapur Sirih terhadap Sifat Mekanis Beton**

Penambahan kapur sirih dalam campuran beton dapat mempengaruhi beberapa sifat mekanis beton, khususnya kuat tekan. Berikut beberapa pengaruh yang mungkin terjadi:

### **1. Peningkatan Kuat Tekan**

Dalam beberapa penelitian, penambahan kapur sirih dalam jumlah tertentu telah terbukti mampu meningkatkan kuat tekan beton, terutama karena kemampuannya mengurangi porositas dan meningkatkan densitas beton. Namun, hal ini sangat tergantung pada proporsi kapur sirih yang digunakan dalam campuran.

### **2. Pengaruh Terhadap Durabilitas**

Kapur sirih juga dapat meningkatkan durabilitas atau ketahanan beton terhadap lingkungan yang agresif, seperti paparan karbon dioksida dan sulfat. Pembentukan lapisan kalsium karbonat di permukaan beton dapat membantu melindungi beton dari penetrasi air atau bahan kimia korosif, sehingga memperpanjang umur layanan struktur beton.

### **3. Pengaruh Terhadap Retak Susut**

Penambahan kapur sirih dapat mengurangi retak susut yang sering terjadi pada beton saat proses pengerasan. Kapur sirih dapat berfungsi sebagai bahan tambahan yang mengurangi keretakan mikro akibat penguapan air, terutama pada tahap awal pengerasan beton.

### **4. Pengaruh Terhadap Waktu Pengerasan**

Penambahan kapur sirih dalam beton juga dapat mempengaruhi waktu pengerasan. Kalsium hidroksida dapat mempercepat hidrasi semen, yang berpotensi mempercepat pengaturan beton. Namun, penggunaan yang berlebihan dapat menyebabkan pengerasan yang terlalu cepat, yang justru mengakibatkan keretakan dini.

## **2.7 Zat Aditif dalam Beton**

### **2.7.1 Definisi Zat Aditif**

Zat aditif adalah bahan kimia atau campuran yang ditambahkan ke dalam beton selama proses pencampuran, dengan tujuan memodifikasi sifat-sifat fisik, mekanis, dan kimia beton sesuai dengan kebutuhan spesifik suatu proyek konstruksi. Zat aditif ditambahkan dalam jumlah yang relatif kecil, biasanya kurang dari 5% dari total berat bahan, tetapi memiliki efek yang signifikan pada performa akhir beton. Aditif ini dapat memperbaiki workability (kemudahan penggeraan), mempercepat atau memperlambat proses pengerasan, meningkatkan kekuatan, serta memberikan ketahanan terhadap kondisi lingkungan tertentu.

### **2.7.2 Jenis-Jenis Zat Aditif**

Zat aditif dapat dibagi menjadi beberapa kategori utama, masing-masing dengan fungsi spesifik dalam memodifikasi sifat-sifat beton. Beberapa jenis zat aditif yang umum digunakan dalam beton adalah:

#### **1. Aditif Pengurang Air (*Water Reducer*)**

Aditif ini berfungsi mengurangi jumlah air yang diperlukan dalam campuran beton, tanpa mengurangi workability. Dengan demikian, aditif ini meningkatkan kekuatan tekan beton dengan memperbaiki densitas beton. Water reducer juga sering digunakan untuk mengurangi rasio air-semen (w/c ratio) sehingga menghasilkan beton yang lebih kuat dan tahan lama.

#### **2. Superplastisizer**

Superplastisizer merupakan jenis aditif pengurang air yang lebih kuat, yang dapat mengurangi air hingga 30% tanpa mempengaruhi workability beton. Superplastisizer digunakan untuk meningkatkan kemudahan pengeraan beton berkinerja tinggi (*high-performance concrete*) atau beton pracetak. Superplastisizer juga bermanfaat untuk menciptakan beton dengan kekuatan tekan yang sangat tinggi.

#### **3. Aditif Pengeras Cepat (*Accelerator*)**

Aditif ini mempercepat proses pengerasan beton dan memungkinkan beton mencapai kekuatan awal lebih cepat. Penggunaan accelerator cocok untuk proyek-proyek konstruksi yang memerlukan pengerasan cepat, seperti pekerjaan beton pada cuaca dingin atau struktur yang membutuhkan waktu pelepasan cetakan yang singkat. Kalsium klorida ( $\text{CaCl}_2$ ) adalah contoh zat aditif yang sering digunakan sebagai akselerator.

#### 4. Aditif Retarder

Berlawanan dengan accelerator, aditif retarder digunakan untuk memperlambat waktu pengerasan beton. Aditif ini sangat berguna dalam cuaca panas atau pada proyek besar yang memerlukan waktu pengrajaan lebih lama sebelum beton mulai mengeras. Retarder membantu menjaga workability beton selama periode yang lebih lama, sehingga mengurangi risiko retak akibat pengerasan terlalu cepat.

#### 5. Aditif Penambah Udara (*Air Entraining Agent*)

Aditif ini berfungsi menambah jumlah gelembung udara kecil yang terdispersi secara merata dalam beton. Gelembung udara ini memberikan ruang untuk ekspansi ketika air di dalam beton membeku, sehingga meningkatkan ketahanan beton terhadap siklus pembekuan dan pencairan. Aditif penambah udara sangat penting untuk beton yang digunakan di lingkungan dingin atau pada struktur yang terpapar air.

#### 6. Aditif Penambah Ketahanan Sulfat

Aditif ini ditambahkan untuk meningkatkan ketahanan beton terhadap serangan sulfat yang dapat merusak struktur beton. Lingkungan dengan kandungan sulfat tinggi, seperti tanah atau air yang mengandung garam sulfat, dapat menyebabkan kerusakan pada beton yang tidak terlindungi. Dengan menambahkan aditif ini, beton menjadi lebih tahan terhadap serangan kimia dan meningkatkan durabilitas struktur.

#### 7. Aditif Anti-Retak (*Shrinkage Reducing Agent*)

Zat aditif ini digunakan untuk mengurangi penyusutan yang terjadi selama proses pengerasan beton, yang dapat menyebabkan retak dini. Aditif ini membantu menjaga integritas struktural beton dan mencegah keretakan mikro yang bisa mengurangi kekuatan tekan dan ketahanan beton.

### **2.7.3 Pengaruh Zat Aditif terhadap Kuat Tekan Beton**

Zat aditif dapat memberikan pengaruh signifikan terhadap kuat tekan beton. Pengaruh ini tergantung pada jenis aditif yang digunakan dan dosisnya dalam campuran beton. Beberapa pengaruh penting dari zat aditif terhadap kuat tekan beton adalah:

#### **1. Peningkatan Kuat Tekan**

Aditif pengurang air dan superplastisizer mampu meningkatkan kuat tekan beton dengan cara mengurangi jumlah air yang dibutuhkan dalam campuran. Dengan berkurangnya rasio air-semen, beton akan memiliki struktur mikro yang lebih padat, sehingga mampu menahan beban tekan yang lebih besar.

#### **2. Percepatan Kuat Tekan Awal**

Akselerator seperti kalsium klorida dapat mempercepat proses pengerasan beton, memungkinkan beton mencapai kuat tekan yang lebih tinggi dalam waktu singkat. Aditif ini sangat berguna pada kondisi cuaca dingin atau ketika waktu pengrajaan proyek sangat terbatas.

#### **3. Pengendalian Kuat Tekan pada Suhu Tinggi**

Aditif retarder membantu menjaga kuat tekan beton dalam lingkungan bersuhu tinggi. Tanpa retarder, beton bisa mengeras terlalu cepat dan menghasilkan retak yang mengurangi kekuatan beton. Dengan memperlambat waktu pengerasan, retarder memastikan beton mengeras secara bertahap sehingga kekuatan tekan maksimal dapat tercapai.

#### **4. Ketahanan Terhadap Pembekuan dan Pencairan**

Aditif penambah udara berperan penting dalam meningkatkan kekuatan beton pada lingkungan bersuhu dingin. Dengan adanya udara terentran, beton memiliki fleksibilitas terhadap ekspansi akibat pembekuan air di dalam pori-pori beton, sehingga mencegah retak yang bisa mengurangi kekuatan tekan.

#### 5. Pengurangan Penyusutan dan Retak Susut

Zat aditif anti-retak mengurangi jumlah air yang menguap selama proses pengerasan, yang mengurangi risiko penyusutan dan retak. Dengan begitu, beton tetap mempertahankan kekuatan tekan optimal tanpa mengalami keretakan yang bisa melemahkan strukturnya.

### 2.7.4 Pemilihan Zat Aditif Berdasarkan Kebutuhan Konstruksi

Pemilihan zat aditif harus disesuaikan dengan kondisi proyek konstruksi dan lingkungan sekitarnya. Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam memilih zat aditif yang tepat meliputi:

#### 1. Kondisi Cuaca

Pada cuaca dingin, akselerator digunakan untuk mempercepat waktu pengerasan, sedangkan pada cuaca panas, retarder digunakan untuk memperlambat pengerasan. Selain itu, di daerah bersuhu rendah, aditif penambah udara sering digunakan untuk melindungi beton dari kerusakan akibat pembekuan dan pencairan air.

#### 2. Jenis Struktur

Struktur yang membutuhkan kekuatan tekan tinggi, seperti gedung bertingkat atau jembatan, sering menggunakan superplastisizer untuk menghasilkan beton berkekuatan tinggi. Sementara itu, untuk proyek yang berisiko mengalami serangan sulfat atau kondisi lingkungan agresif lainnya, aditif penambah ketahanan sulfat diperlukan.

#### 3. Durasi Pengerjaan

Proyek dengan waktu pengerjaan terbatas dapat memanfaatkan akselerator untuk mempercepat proses pengerasan, sedangkan proyek besar

dengan waktu penggeraan yang panjang mungkin memerlukan retarder untuk mempertahankan workability beton dalam jangka waktu yang lebih lama.

#### **2.7.6 Dosis dan Pengaruh Penggunaan Zat Aditif**

Dosis zat aditif harus diatur dengan sangat hati-hati karena penggunaan yang tidak tepat dapat berdampak negatif pada kualitas beton. Overdosis zat aditif, misalnya, dapat mengurangi kekuatan beton, mempercepat pengerasan secara berlebihan, atau bahkan menimbulkan retakan. Penggunaan dosis yang tepat sesuai spesifikasi teknis dan jenis proyek konstruksi adalah kunci untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Umumnya, dosis zat aditif berkisar antara 0,5% hingga 2% dari berat semen. Superplastisizer, misalnya, digunakan dalam dosis yang lebih rendah dibandingkan dengan air *entraining agent*. Dosis optimum sering kali harus ditentukan melalui pengujian laboratorium terlebih dahulu untuk memastikan kompatibilitas antara aditif, semen, agregat, dan bahan-bahan lain yang digunakan dalam campuran beton.

#### **2.7.6 Studi Kasus Penggunaan Zat Aditif dalam Beton**

Beberapa studi kasus menunjukkan dampak positif penggunaan zat aditif dalam meningkatkan kuat tekan dan kinerja beton. Sebagai contoh, sebuah penelitian yang melibatkan penggunaan superplastisizer dalam campuran beton menunjukkan bahwa dengan penambahan zat aditif ini, kekuatan tekan beton meningkat sebesar 20-30% dibandingkan beton tanpa superplastisizer. Selain itu, penambahan akselerator pada proyek jembatan di wilayah beriklim dingin membantu mempercepat proses pengerasan beton sehingga proyek dapat diselesaikan dalam waktu yang lebih singkat tanpa mengorbankan kualitas struktur.

