

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Beton**

Beton merupakan campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat (SNI 03-2834-2000). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ( $f'c$ ) pada usia maksimal 28 hari. Beton memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing, yaitu:

##### **a. Kelebihan**

- Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan keperluan konstruksi.
- Mampu memikul beban yang berat.
- Tahan terhadap temperatur yang tinggi dan biaya pemeliharaan yang kecil.

##### **b. Kekurangan**

- Bentuk yang sudah dibentuk sulit diubah.
- Pelaksanaan pekerjaannya membutuhkan ketelitian yang tinggi dan berat.

## 2.2 Jenis-jenis Beton

Menurut *Mulyono (2004)*, Beton dapat dibedakan menjadi tiga berdasarkan beratnya yaitu beton berat, beton sedang dan beton ringan. Beton dapat pula dibedakan berdasarkan material penyusunnya dan kegunaan strukturnya. Beton jenis lain pada prinsipnya sama dengan beton normal, yang membedakan adalah material tambahan yang digunakan. Berikut jenis-jenis beton yang digunakan dalam beberapa konstruksi:

### 2.2.1 Beton ringan

Berdasarkan *Mulyono (2004)*, agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan merupakan agregat ringan juga. Agregat yang digunakan umumnya merupakan hasil pembakaran shale, lempung, slates, residu slag, residu batu-bara, dan banyak lagi dari hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekira  $1900 \text{ kg/m}^3$  atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar antara  $1440 - 1850 \text{ kg/m}^3$ , dengan kekuatan tekan umur 28 hari lebih besar dari 17,2 Mpa.

### **2.2.2 Beton normal**

Berdasarkan berat satuan (SNI 03-2847-2002), beton normal merupakan beton yang mempunyai berat satuan 2200 Kg/m<sup>3</sup> sampai 2500 Kg/m<sup>3</sup>. Beton normal dengan kualitas yang baik yaitu beton yang mampu menahan kuat desak/hancur yang diberi beban berupa tekanan dengan dipengaruhi oleh bahan-bahan pembentuk, kemudahan pengerjaan (*workability*), faktor air semen (FAS) dan zat tambahan (*admixture*) bila diperlukan.

### **2.2.3 Beton berat**

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang mempunyai berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m<sup>3</sup>. Beton yang mempunyai berat yang tinggi ini biasanya digunakan untuk kepentingan tertentu seperti menahan radiasi, menahan benturan dan lainnya (*Mulyono, 2004*).

## **2.3 Material Penyusun Beton**

Beton umumnya tersusun dari tiga bahan penyusun utama yaitu semen agregat dan air. Jika diperlukan, bahan mineral pembantu (*Filer*) dan bahan tambah (*admixture*)

dapat ditambahkan. Bahan mineral pembantu biasanya digunakan dengan berbagai tujuan, antara lain untuk mengurangi pemakaian semen, mengurangi *bleeding* atau menambah *workability* beton segar. Sedangkan bahan tambah biasanya digunakan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton, berikut adalah material pembentuk beton.

### **2.3.1 Semen**

Salah satu komposisi dari pada beton adalah semen. Dimana semen sangat berperan dalam proses pengikatan agregat halus dan kasar serta komposisi beton lainnya agar beton tersebut dapat lebih kuat dan dapat dimanfaatkan sebagaimana mestinya. Semen merupakan bahan hidrolis yang dapat bereaksi secara kimia dengan air disebut hidrasi sehingga membentuk material padat.

Pada umumnya, semen untuk bahan bangunan adalah tipe semen portland. Semen ini dibuat dengan cara menghaluskan silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan dicampur bahan gips. Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu Semen non - hidrolis dan Semen hidrolis.

Semen non - hidrolik tidak dapat mengikat dan mengeras di dalam air, akan tetapi dapat mengeras di udara. Contoh utama dari semen non - hidrolik adalah kapur. Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras di dalam air. Contoh semen hidrolik antara lain, kapur hidrolik, semen pozollan, semen terak, semen alam, semen portland, semen portland pozolland dan semen alumina.

Tidak berbeda dengan beton, semen juga memiliki sifat yang lebih spesifik yaitu sifat fisik dan kimia, masing-masing jenis semen memiliki karakteristik yang berbeda - beda yang harus memenuhi syarat kimia dan fisik. Untuk menjaga tetap terjaminnya mutu semen, maka syarat kimia dan fisik harus terus diperhatikan. Syarat mutu tersebut antara lain kandungan senyawa dalam semen portland, kehalusan semen, residu, hilang pijar dan lain-lain.

Semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan, yang digiling bersama-sama

bahan utamanya. Bahan utama penyusun semen adalah kapur ( $\text{CaO}$ ), silica ( $\text{SiO}_2$ ), dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). (ASTM C-150) Fungsi utama semen pada beton adalah mengikat butir-butir agregat sehingga membentuk suatu massa padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat.

## A. Tipe Semen

Ditinjau dari penggunaannya, menurut ASTM semen portland dapat dibedakan menjadi lima, yaitu:

**Tabel 2.1** Jenis – Jenis Semen Portland Menurut ASTM C.150

Jenis Semen	Sifat Pemakaian	Kadar Senyawa (%)				Panas Hidrasi 7 Hari (J/g)
		C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	
I	Normal	50	24	11	8	330
II , III	Modifikasi	42	33	5	13	250
	Kekuatan Awal	60	13	9	8	500
IV	Tinggi Panas Hidrasi	26	50	5	12	210
V	Rendah Tahan Sulfat	40	40	9	9	250

(Sumber : ASTM C.150)

- ***Type I*** Semen biasa yang sering digunakan untuk keperluan umum pada konstruksi. Type ini tidak memerlukan persyaratan khusus. Semen ini digunakan pada bangunan beton yang tidak akan mengalami perubahan cuaca yang besar dan lingkungan yang *khoroisif*.
- ***Type II*** Semen yang menghasilkan panas lebih rendah dan kecepatan ikat lebih rendah. Semen ini sedikit tahan terhadap sulfat. Semen ini merupakan semen yang dimodifikasi dengan menambah prosentase C2S dan mengurangi prosentase C3S dan C3A dari semen type I.
- ***Type III*** Semen dengan kecepatan kekuatan awal yang tinggi. Kekuatan 7 hari semen ini bisa sebanding dengan kekuatan 28 hari semen type I. Kadar C3S dan C3A tinggi. Pada semen type III butiran semennya lebih halus dari semen type I guna mempercepat proses hidrasi yang diikuti dengan percepatan pengerasan dan percepatan kekuatan.
- ***Type IV*** Semen dengan suhu panas rendah dengan prosentase maksimum C3S 35% dan untuk C3A 7 %

dan C2S minimum 40%. Baik untuk *mass concrete construction*.

- **Tipe V** Semen yang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Reaksi antara C3A dan gips  $\text{CaSO}_4$  menyebabkan terjadinya *kalsium sulfoaluminat*. Dengan cara yang sama dalam semen yang telah mengeras, hidrat dari C3A dapat bereaksi dengan garam-garam sulfat dari luar kemudian membentuk kalsium sulfoaluminat di dalam struktur semen yang telah terhidrasi tersebut.

## **B. Bahan Penyusun Semen**

Bahan utama pembentuk semen portland adalah kapur ( $\text{CaO}$ ), silica ( $\text{SiO}_3$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), sedikit magnesia ( $\text{MgO}$ ), dan terkadang sedikit alkali. Untuk mengontrol komposisinya, terkadang ditambahkan oksida besi, sedangkan gipsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ditambahkan untuk mengatur waktu ikat semen. (Tri Mulyono, 2004). Komposisi senyawa utama dan senyawa pembentuk dalam semen portland dapat dilihat pada tabel 2.2 dan 2.3 berikut ini:

**Tabel 2.2** Komposisi Senyawa Utama Semen Portland

<b>Nama Kimia</b>	<b>Rumus Kimia</b>	<b>Notasi</b>	<b>Persen Berat</b>
Trikalsium Silikat	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{C}_3\text{S}$	55
Dikalsium Silikat	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{C}_2\text{S}$	18
Trikalsium Aluminat	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{C}_3\text{S}$	10
Tetrakalsium	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{C}_4\text{AF}$	8
Aluminoferit	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CSH}_2$	6
Gypsum	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$		

(Sumber : Mindess, Francis Y. dan D. Darwin, 2003)

**Tabel 2.3** Komposisi Senyawa Pembentuk Semen Portland

<b>Oksida</b>	<b>Notasi</b>	<b>Nama Senyawa</b>	<b>Persen Berat</b>
$\text{CaO}$	C	Kapur	64,67
$\text{SiO}_2$	S	Silika	21,03
$\text{Al}_2\text{O}_3$	A	Alumina	6,16
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	F	Oksida Besi	2,58
$\text{MgO}$	M	Magnesia	2,62
$\text{K}_2\text{O}_3$	K	Alkali	0,61

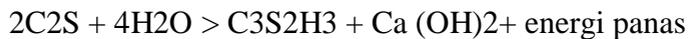
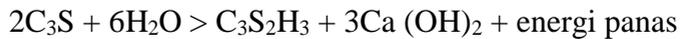
SO <sub>3</sub>	N	Alkali	1,34
Na <sub>2</sub> O	S	Sulfur Trioksida	2,03
CO <sub>2</sub>	C	Karbon Dioksida	-
H <sub>2</sub> O	H	Air	-

(Sumber : Mindess, Francis Y. dan D. Darwin, 2003)

### C. Hidrasi Semen

Ketika semen bersentuhan dengan air, maka proses hidrasi berlangsung ke arah luar dan ke dalam inti. Hasil hidrasi mengendap di bagian luar, sedang bagian dalam inti belum terhidrasi. Produk hidrasi akan membentuk kristal-kristal yang menyelimuti inti senyawa C<sub>3</sub>S. Lapisan tersebut menghalangi masuknya air ke dalam inti C<sub>3</sub>S. Air akan berusaha mencapai inti melalui proses difusi. Selama proses difusi berlangsung, tidak terjadi reaksi hidrasi untuk beberapa jam sehingga semen tetap dalam keadaan plastis. Setelah beberapa lama, air berhasil mencapai inti dan terjadi proses hidrasi lagi. Selanjutnya senyawa-senyawa yang dihasilkan membentuk rangkaian tiga dimensi yang saling melekat secara random dan sedikit demi sedikit mengisi ruangan yang mula-mula ditempat air, lalu menjadi kaku dan mengeras. Adapun reaksi kimia yang

terjadi saat proses hidrasi berlangsung adalah sebagai berikut:



Persenyawaan semen dengan air akan mengeluarkan panas. Adanya pembebasan panas ini membantu mempercepat pengerasan (proses hidrasi). Tetapi setelah pengerasan terjadi, bagian yang telah mengeras mempunyai sifat lambat menyalurkan panas.

#### **D. Faktor air semen**

Faktor air semen berpengaruh sangat besar, dimana terlalu banyak air pada campuran akan mengakibatkan rongga-rongga pada beton berpori akan tertutup oleh pasta semen yang cair (*bleeding*). Sedangkan terlalu sedikit air akan membuat beton menjadi rapuh karena daya lekat semen dan antar agregat tidak sempurna, sehingga membuat ketahanan serta kuat tekan beton berpori menurun. Pengaruh kurangnya air pada campuran beton berpori sangat dirasakan ketika proses pelepasan benda uji dari cetakan dilakukan, dimana beton berpori yang rapuh sangat mudah hancur ketika dilepas dari cetakannya. Sehingga

air tidak dapat ditambahkan sembarangan saat pengadukan pasta beton, tetapi harus disesuaikan dengan kebutuhan dalam kemudahan pengerjaan serta mutu beton yang diinginkan.



**Gambar 2.1** Campuran Beton Kelebihan Air

*(Sumber : Pervious Concrete Pavements, Portland Cement Association)*



**Gambar 2.2** Campuran Beton Kekurangan Air

*(Sumber : Pervious Concrete Pavements, Portland Cement Association)*

Menurut ACI 522R-10 persentase faktor air semen yang paling baik dicapai oleh beton berpori pada 0,26 sampai dengan 0,45, dimana memberikan kondisi pasta yang stabil dan lapisan yang cukup merata pada agregat.



**Gambar 2.3** Campuran Beton dengan Jumlah Air yang Tepat  
(Sumber : *Pervious Concrete Pavements, Portland Cement Association*)

### 2.3.2 Agregat

Bahan penyusun beton lainnya adalah agregat. Kekuatan suatu perkerasan bergantung pada sifat dan bentuk agregat penyusunnya. Agregat terdiri dari agregat kasar dan agregat halus. Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang mempunyai ukuran butir terbesar 4,75 mm sedang kan agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang mempunyai ukuran butir antara 5 sampai 40 mm. Kandungan agregat dalam suatu campuran beton biasanya sangat tinggi, komposisinya

dapat mencapai 60% - 70% dari berat campuran beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai bahan pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, maka peran agregat menjadi sangat penting. Karena itu karakteristik dari agregat perlu dipelajari dengan baik, sebab agregat dapat menentukan sifat mortar atau beton yang akan dihasilkan. (*Tri Mulyono, 2004*)

Penggunaan agregat dalam beton adalah untuk:

1. Menghemat penggunaan semen portland
2. Menghasilkan kekuatan yang besar pada beton.
3. Mengurangi susut pengerasan beton.
4. Mencapai susunan beton yang padat. Dengan gradasi yang baik, maka akan didapatkan beton yang padat.
5. Mengontrol workabilitas beton. Dengan gradasi agregat yang baik (gradasi menerus), maka akan didapatkan beton yang mudah dikerjakan. (*Wuryati S. dan Candra R., 2001*)

Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau agregat buatan (*artificial aggregates*). Secara umum agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar

dan agregat halus. Ukuran antara agregat halus dengan agregat kasar yaitu 4.75 mm (Berdasarkan Standar ASTM), dimana agregat kasar adalah batuan yang ukuran butirnya lebih besar dari 4.80 mm (4.75 mm) dan agregat halus adalah batuan yang lebih kecil dari 4.80 mm (4.75 mm). Agregat dengan ukuran lebih besar dari 4.80 mm dibagi lagi menjadi dua, yang berdiameter antara 4.80 - 40 mm disebut kerikil beton dan yang lebih dari 40 mm disebut kerikil kasar.

Agregat yang digunakan dalam campuran beton biasanya berukuran lebih kecil dari 40 mm. Agregat yang ukurannya lebih besar dari 40 mm digunakan untuk pekerjaan sipil lainnya, misalnya untuk pekerjaan jalan, tanggul-tanggul penahan tanah, bronjong atau bendungan dan lainnya. Agregat halus biasanya dinamakan pasir dan agregat kasar dinamakan kerikil, kricak, batu pecah atau *split*.

#### **A. Jenis-jenis Agregat**

Dalam memilih agregat sebagai bahan campuran untuk beton ada beberapa hal yang perlu diperhatikan

berkaitan dengan penggunaan agregat dalam campuran beton ada lima, yaitu (*Langren, 1994*):

**1. Volume udara**

Udara yang terdapat dalam campuran beton akan mempengaruhi proses pembuatan beton, terutama setelah terbentuknya pasta semen.

**2. Volume padat**

Kepadatan volume agregat akan mempengaruhi berat isi dari beton jadi.

**3. Berat jenis agregat**

Berat jenis agregat akan mempengaruhi proporsi campuran dalam berat sebagai kontrol.

**4. Penyerapan**

Penyerapan akan berpengaruh pada berat jenis

**5. Kadar air permukaan agregat**

Kadar air permukaan agregat berpengaruh pada penggunaan air saat pencampuran

Seperti yang telah diuraikan diatas, agregat dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat alam dan agregat buatan (pecahan). Agregat alam dan pecahan ini pun dapat dibedakan berdasarkan beratnya, asalnya, diameter butirnya (gradasi), dan tekstur permukaannya.

## 1. Agregat halus (pasir)

Pasir adalah bahan batuan halus yang dapat berupa pasir alami atau sebagai hasil dari pecahan dari batuan alami atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh mesin pemecah batu disebut dengan abu batu, yang terdiri dari butiran dengan ukuran 0,14 - 5 mm, Kegunaannya adalah mengisi ruang antara butir agregat kasar dan member kelecakan.

**Syarat – syarat agregat halus adalah sebagai berikut:**

- Agregat halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca.
- Agregat halus tidak mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Apabila kadar lumpur melampaui 5%, maka agregat halus harus dicuci.
- Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak, hal tersebut dapat diamati dari warna agregat halus.

- Agregat yang berasal dari laut tidak boleh digunakan sebagai agregat halus untuk semua adukan spesi dan beton.

### **Agregat halus dapat digolongkan menjadi tiga**

#### **(3) jenis:**

- **Pasir galian**

Pasir galian diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori, dan bebas dari kandungan garam, tetapi biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan dicuci.

- **Pasir sungai**

Pasir sungai diperoleh langsung dari sungai. Pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekat lentur butiran kecil, maka baik dipakai untuk plesteran tembok.

- **Pasir laut**

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai. Biasanya halus dan bulat karena gesekan. Pasir laut merupakan pasir yang sangat jelek karena banyak mengandung garam. Garam ini menyerapkan kandungan air dari udara dan ini mengakibatkan pasir selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan bila sudah dipakai untuk membuat bangunan. Oleh karena itu, sebaiknya pasir jenis ini tidak digunakan untuk bahan bangunan.

## 2. Agregat kasar (kerikil, batu pecah).

Agregat kasar dibedakan atas 2 macam, yaitu krikil (dari batuan alam) dan kricak (dari batuan alam yang dipecah). Menurut asalnya krikil dapat dibedakan atas; krikil galian, krikil sungai dan krikil pantai. Krikil galian biasanya mengandung zat-zat seperti tanah liat, debu, pasir dan zat-zat organik. Krikil sungai dan krikil pantai biasanya bebas dari zat – zat yang tercampur, permukaannya licin dan bentuknya lebih bulat. Hal ini disebabkan karena pengaruh air. Butirbutir krikil alam yang kasar akan

menjamin pengikatan adukan lebih baik. Batu pecah (kricak) adalah agregat kasar yang diperoleh dari batu alam yang dipecah, berukuran 5-70 mm. Panggilingan/pemecahan biasanya dilakukan dengan mesin pemecah batu (*Jaw breaker/crusher*).

**Menurut ukurannya, kerikil/kricak dapat dibedakan atas:**

- a. Ukuran butir : 5-10 mm disebut kerikil/kricak halus.
- b. Ukuran butir : 10-20 mm disebut kerikil/kricak sedang.
- c. Ukuran butir : 20-40 mm disebut kerikil/kricak kasar.
- d. Ukuran butir : 40-70 mm disebut kerikil/kricak kasar sekali.
- e. Ukuran butir  $>70$  mm digunakan untuk konstruksi beton siklop (*cycloopen concreten*)

Agregat kasar adalah agregat yang tertahan saringan No. 4 (spesifikasi dari AASHTO, *American Association of State Highway and Transportation Officials*, yang juga digunakan oleh Bina Marga) atau yang tertahan saringan 2,36 mm

(standard dari BSI, *British Standard Institution* atau lebih sering disebut sebagai BS, *British Standard*). Pada umumnya yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 5 mm.

**Syarat – syarat agregat kasar adalah sebagai berikut:**

- Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir keras dan tidak berpori.
- Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai, apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melebihi 20% dari berat agregat seluruhnya.
- Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.
- Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Apabila kadar lumpur melampaui 1%, maka agregat kasar harus dicuci.

- Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang relatif alkali.
- Besar butir agregat maksimum tidak boleh lebih dari pada  $\frac{1}{5}$  jarak terkecil antara bidang samping cetakan,  $\frac{1}{3}$  dari tebal pelat atau  $\frac{3}{4}$  dari jarak bersih minimum batang-batang tulangan.

### 2.3.3 Air

Kualitas air yang digunakan dalam campuran beton berpori tidak berbeda dengan beton normal, dimana air yang digunakan memiliki kualitas yang baik juga. Sesuai dengan persyaratan SNI 03-6817-2002, air yang dapat digunakan dalam proses pencampuran beton adalah sebagai berikut:

- a. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan yang merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
- b. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang di dalamnya

tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.

- c. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi:
- Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama
  - Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum.

Pada pembuatan beton, air diperlukan dalam proses pengadukan untuk melarutkan semen supaya membentuk pasta semen yang kemudian mengikat semua agregat dari yang paling besar sampai yang paling halus dan menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan

dalam proses pengadukan, penuangan, maupun pemadatan. Sehingga dapat dikatakan bahwa air berperan sebagai penyatu dari keseluruhan komponen beton. Air memiliki peranan yang sangat penting dalam proses pembuatan beton berpori, dimana kontrol serta ketelitian dalam penggunaan air pada campuran sangat berpengaruh pada pasta yang dihasilkan. Pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara air dan semen, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang penting, tetapi justru perbandingan air dengan semen atau yang biasa disebut faktor air semen (FAS).

## **2.4 Terminologi**

Menurut pedoman Beton 1989, *Draft KONSESUS* (SKBI.1.4.53,1989:4-5) beton didefinisikan sebagai campuran semen portland atau sembarang semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan. Macam dan jenis beton menurut bahan pembentukannya adalah beton normal, bertulang, pra cetak, pra tekan, beton ringan, beton tanpa tulangan, beton fiber dan lainnya.

Proses awal terjadinya beton adalah pasta semen yaitu proses hidrasi antara air dengan semen, selanjutnya jika ditambahkan dengan agregat halus menjadi mortar dan jika ditambahkan dengan agregat kasar menjadi beton. Penambahan material lain akan membedakan jenis beton, misalnya yang ditambahkan adalah tulangan baja akan terbentuk beton bertulang.

#### **2.4.1 Umur Beton**

Kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kekuatan beton akan naik secara cepat (linier) sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Kekuatan tekan beton pada kasus-kasus tertentu terus akan bertambah sampai beberapa tahun dimuka. Biasanya kekuatan tekan rencana beton dihitung pada umur 28 hari. Untuk struktur yang menghendaki kekuatan awal tinggi, maka campuran dikombinasikan dengan semen khusus atau ditambah dengan bahan tambah kimia dengan tetap menggunakan jenis semen tipe I (OPC-I). Laju kenaikan umur beton sangat tergantung dari penggunaan bahan semen karena semen cenderung secara langsung memperbaiki kinerja tekannya.

### 2.4.2 Kekuatan Tekan Beton

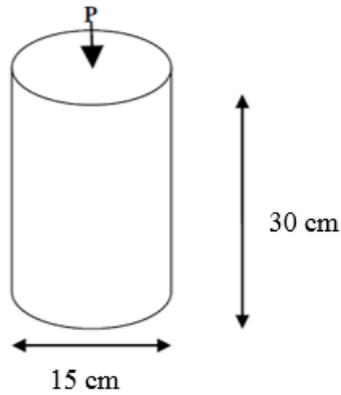
Nilai kekuatan beton diketahui dengan melakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji silinder (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) pada umur 28 hari yang dibebani dengan gaya tekan sampai mencapai beban maksimum. Beban maksimum didapat dari pengujian dengan menggunakan alat *compression testing machine*. Standar yang digunakan ialah *ASTM C-39* untuk benda uji silinder, dan persamaan umum yang dipakai untuk menghitung kuat tekan beton adalah:

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

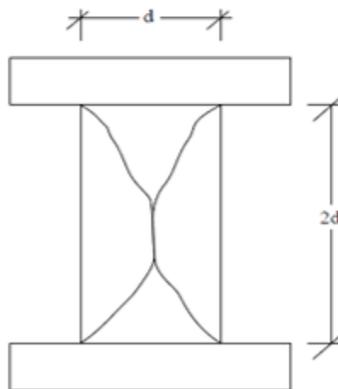
Keterangan:  $\sigma$  = Kuat tekan beton (N/mm<sup>2</sup>)  
 P = Beban Maksimum (N)  
 A = Luas bidang tekan (mm<sup>2</sup>)

Beton harus dirancang proporsi campurannya agar menghasilkan suatu kuat tekan rata-rata yang disyaratkan. Pada tahap pelaksanaan konstruksi, beton yang telah dirancang campurannya harus diproduksi sedemikian rupa sehingga memperkecil frekuensi terjadinya beton dengan kuat tekan yang lebih rendah dari  $f'_c$  seperti yang telah disyaratkan. Kriteria penerimaan beton tersebut harus pula sesuai dengan standar yang berlaku. Menurut

Standar Nasional Indonesia, kuat tekan harus memenuhi  $f'_c + 7,0$  s untuk rata-rata empat buah benda uji yang berpasangan. Jika tidak memenuhi, maka diuji mengikuti ketentuan selanjutnya.



**Gambar 2.4** Pemodelan Uji Kuat Tekan Silinder



**Gambar 2.5** Pemodelan Pola Retak Uji Kuat Tekan Beton

## A. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Tekan Beton

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi mutu dari kekuatan beton, yaitu:

### 1. Faktor air semen (FAS)

Faktor air semen (FAS) merupakan perbandingan antara jumlah air terhadap jumlah semen dalam suatu campuran beton. Fungsi FAS, yaitu:

- Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
- Memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton (*workability*)

Perbandingan air terhadap semen merupakan faktor utama di dalam penentuan kekuatan beton (*Wang, 1986*). Hampir untuk semua tujuan, beton yang mempunyai FAS minimal dan cukup untuk memberikan *workabilitas* tertentu yang dibutuhkan untuk pemadatan merupakan beton yang terbaik (*Murdock & Brooks, 1979*).

## 2. Sifat agregat

Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah kekasaran permukaan dan gradasi butiran agregat, (agregat halus maupun agregat kasar). Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai satu kesatuan yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada di antara agregat yang berukuran besar (Nawy, 1998).

## 3. Proporsi semen dan jenis semen yang digunakan

Berhubungan dengan perbandingan jumlah semen yang digunakan saat pembuatan *mix design* dan jenis semen yang digunakan berdasarkan peruntukkan beton yang akan dibuat. Penentuan jenis semen yang digunakan mengacu pada tempat dimana struktur bangunan yang menggunakan material beton tersebut dibuat, serta pada kebutuhan perencanaan apakah pada saat proses pengecoran membutuhkan kekuatan awal yang tinggi atau normal.

#### 4. Bahan tambah

Bahan tambah yang digunakan adalah yang bersifat mineral (*additive*). Bahan tambah *additive* ditambahkan pada saat pengadukan dilaksanakan. Bahan tambah *additive* merupakan bahan tambah yang lebih banyak digunakan untuk penyemenan (*cementitious*), jadi bahan tambah *additive* lebih banyak digunakan untuk perbaikan kinerja.

#### 5. Metode perancangan.

#### 6. Perawatan

#### 7. Keadaan pada saat pengecoran dilaksanakan, yang terutama dipengaruhi oleh lingkungan setempat.

### **2.4.3 Kondisi pada Saat Pengerjaan Pengecoran**

Kondisi pada saat pekerjaan pengecoran akan mempengaruhi kualitas beton yang dibuat. Faktor-faktor tersebut antara lain:

1. Bentuk dan ukuran contoh
2. Kadar air
3. Suhu contoh
4. Keadaan permukaan landasan
5. Cara pembebanan

#### 2.4.4 Perawatan Beton

Perawatan terutama dimaksudkan untuk menghindari panas hidrasi yang tidak diinginkan, yang terutama disebabkan oleh suhu. Cara dan bahan serta alat yang digunakan untuk perawatan akan menentukan sifat dari beton keras yang dibuat, terutama dari sisi kekuatannya. Waktu-waktu yang dibutuhkan untuk merawat beton pun harus terjadwal dengan baik.

#### 2.5 *Admixture*

Pencampuran beton dapat menggunakan bahan tambahan (*admixture*) yang menggunakan bahan kimia ataupun bahan mineral. Bahan-bahan *admixture* yang dapat larut dalam air digolongkan sebagai *chemical admixture* dan biasanya berbentuk zat kimia yang memiliki fungsi-fungsi khusus. Sedangkan bahan-bahan yang tidak dapat larut dalam air digolongkan sebagai *mineral admixture* sehingga dicampurkan bersamaan dengan semen.

Dalam penerapannya zat tambahan yang sering digunakan untuk aplikasi beton berpori adalah *admixture* dengan jenis *viscosity modifying admixtures* (VMA) yang berfungsi untuk meningkatkan *workability*. Hal ini paling

dirasakan pada saat pengerjaan di kondisi yang panas, menjadikan pasta tidak mudah mengering, *admixture* digunakan untuk memperlambat waktu pengerasan juga dapat digunakan pada keadaan yang panas. Sedangkan untuk keadaan yang dingin dapat digunakan *admixture* untuk mempercepat waktu pengeringan beton dikarenakan suhu udara yang lembab akan membuat waktu pengeringan beton menjadi lebih lama. Selain itu juga digunakan *admixture* jenis *air-entraining*, *admixture* ini akan memberikan ketahanan terhadap beku dan cair pada beton, memberikan workability yang lebih baik serta menambahkan butiran-butiran udara pada beton. Layaknya penelitian-penelitian yang dilakukan terhadap beton normal, dengan menggunakan *admixture* berupa bahan-bahan yang sekiranya mungkin berguna untuk meningkatkan kualitas, kemudahan kerja, ketahanan, serta mutu beton dibutuhkan penelitian lanjut dengan *admixture* yang beragam terhadap kecocokan *admixture* dengan beton berpori. *Admixture* pada penelitian ini adalah *Bioconc*.

## 2.6 *Bioconc*

*Bioconc* adalah produk bioteknologi yang berupa cairan yang terbuat dari bahan-bahan organik/alami, protein terdenaturasi, polimer surfaktan dan mineral organik yang sudah difermentasi oleh mikroba menguntungkan. Pengobatan *Bioconc* dengan cara mengobati campuran beton dengan memasukkan rongga kosong yang biasanya diisi dengan Semen Portland sebagai *Bonding Agent*, sehingga isi semen yang diperlukan akan berkurang. Keuntungan lain adalah dengan memasukkan ruang kosong pada beton dengan *Bioconc* dapat meningkatkan kawasan sekitar beton yang berarti pada kekuatan beton meningkat. *Bioconc* dapat meningkatkan kuat tekan dari beton, mengurangi kadar semen, mengurangi hidrasi panas beton, mengurangi penyusutan crack.

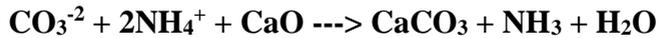
### 2.6.1 Perilaku *Bioconc* sebagai *Self Healing Concrete*:

Mikroba pada *Bioconc* menghasilkan enzim *urease* yang ketika bertemu air akan menghasilkan amonia sebagai persamaan reaksi berikut:



Urease + Water = carbonate + 2 moles ammonia

Sejak retak terjadi dan pasokan kalsium oksida terjadi, maka berikut persamaan reaksi terjadi:



*Self Healing*

### 2.6.2 Manfaat *Bioconc*

1. Ramah Lingkungan
2. Keberlanjutan – memenuhi kebutuhan masyarakat dengan cara terus-menerus tanpa batas ke masa depan dengan tanpa merusak sumber daya alam.
3. *Recycle dan Re-Use Product.*
4. Sumber pengurangan – mengurangi bahan mahal di beton yaitu isi semen dengan tanpa mengurangi kualitas pada mutu beton.
5. Inovasi – mengembangkan teknologi alternatif
6. Viabilitas – menciptakan pusat kegiatan ekonomi di seluruh teknologi dan produk yang bermanfaat bagi lingkungan yang benar-benar dapat melindungi planet ini, yang nantinya akan memperkirakan bagaimana *Bioconc* dapat mengurangi emisi  $\text{CO}^2$  sebagai masalah mendasar yang menyebabkan perubahan iklim.