

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Menurut SNI 03-2834-2000, beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat.

Menurut Mulyono (2004), penggunaan beton dalam konstruksi bangunan mempunyai beberapa kelebihan dan kelemahan, antara lain:

a. Kelebihan

1. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai kebutuhan konstruksi
2. Mampu memikul beban yang berat, karena memiliki kuat tekan yang tinggi
3. Tahan terhadap temperatur tinggi
4. Biaya pemeliharaan yang kecil

b. Kekurangan

1. Bentuk yang dibuat sulit untuk diubah
2. Kuat Tarik rendah
3. Sangat getas
4. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi
5. Berat
6. Dapat pantul suara yang besar

## 2.2 **Bahan Penyusun Beton**

### 2.2.1 **Semen**

Menurut SNI 15-2049-2004, semen adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen Portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium silikat.

Menurut SNI 15-2049-2004 semen *Portland* dibedakan menjadi 5 tipe seperti diuraikan di bawah ini.

1. Jenis I, yaitu semen *Portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.
2. Jenis II, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
5. Jenis V, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat

Tabel 2.1 Komposisi Penyusun Semen Menurut ASTM C 180-84  
(Neville dan Brooks, 1987)

| Semen     | Presentase Komponen Penyusun |                  |                  |      |                   |           |     |              |
|-----------|------------------------------|------------------|------------------|------|-------------------|-----------|-----|--------------|
|           | C3S                          | C2S              | C3A              | C4AF | CaSO <sub>4</sub> | CaO Bebas | MgO | Hilang Pijar |
| Jenis I   | 59                           | 15               | 12               | 8    | 2,9               | 0,8       | 2,4 | 1,2          |
| Jenis II  | 46                           | 29               | 6 ( $\leq 8$ )   | 12   | 2,8               | 0,6       | 3,0 | 1,0          |
| Jenis III | 60                           | 12               | 12 ( $\leq 15$ ) | 8    | 3,9               | 1,3       | 2,6 | 1,9          |
| Jenis IV  | 30 ( $\leq 35$ )             | 46 ( $\geq 40$ ) | 5 ( $\leq 7$ )   | 13   | 2,9               | 0,3       | 2,7 | 1,0          |
| Jenis V   | 43                           | 36               | 4 ( $\leq 5$ )   | 12   | 2,7               | 0,4       | 1,6 | 1,0          |

### 2.2.2 Air

Air merupakan salah satu bahan penting dalam pembuatan adukan beton. Air diperlukan untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen adalah sebanyak 25% dari berat semen, namun dalam kenyataannya nilai fas (faktor air semen) yang dipakai sulit jika  $< 0,35$ . Banyaknya air yang digunakan pada campuran beton akan mempengaruhi kelecakan (*workability*) beton. Semakin tinggi nilai kelecakan maka akan semakin mudah beton dikerjakan. Tetapi jika air yang digunakan berlebih maka akan menghasilkan pori-pori (*capillary poreous*) di dalam beton yang bisa menurunkan kekuatan beton.

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada air yang akan digunakan sebagai bahan pencampur beton meliputi kandungan lumpur maksimal 2 gr/lit, kandungan garam-garam yang dapat merusak beton maksimal 15 gr/lit, tidak mengandung khlorida lebih dari 0,5 gr/lit serta kandungan senyawa sulfat maksimal 1 gr/lit. Secara umum air dinyatakan memenuhi syarat untuk dipakai sebagai bahan pencampur beton, apabila dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang menggunakan air suling (Tjokrodimuljo, 1996).

### 2.2.3 Pasir silika

Pasir silika adalah senyawa kimia dengan rumus molekul  $SiO_2$  (*silicon dioxida*) yang dapat diperoleh dari silika mineral, nabati dan sintesis kristal. Silika mineral adalah senyawa yang banyak ditemui dalam bahan tambang/galian yang berupa mineral seperti pasir kuarsa, granit, dan feldspar yang mengandung kristal-kristal silika ( $SiO_2$ ) (Bragmann et al., 2006; Della et al, 2002).

### 2.2.4 Bahan Tambah

Bahan tambah yaitu bahan yang ditambahkan pada adukan beton, baik sebelum, segera, atau selama pengadukan beton dengan jumlah dosis tertentu yang telah direncanakan sebelumnya dengan tujuan mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton seperti mempercepat pengerasan, menambah kelecakan (*workability*) beton segar, menambah kuat tekan beton, meningkatkan daktilitas atau mengurangi sifat getas beton, mengurangi retak-retak pengerasan dan sebagainya, sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras (Tjokrodinuljo, 1996). Bahan tambah menurut maksud penggunaannya dibagi menjadi dua golongan yaitu *admixtures* dan *addictives*.

*Admixtures* ialah semua bahan penyusun beton selain air, semen hidrolis dan agregat yang ditambahkan sebelum, segera atau selama proses pencampuran adukan di dalam *batching*, untuk merubah sifat beton baik dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Definisi *additive* lebih mengarah pada semua bahan yang ditambahkan dan digiling bersamaan pada saat proses produksi semen.

Menurut Tjokrodimuljo (1996), bahan tambah dapat dibedakan menjadi 3 golongan seperti tercantum di bawah ini.

1. *Chemical Admixtures* merupakan bahan tambah bersifat kimiawi yang dicampurkan pada adukan beton dengan maksud agar diperoleh sifat-sifat yang berbeda pada beton dalam keadaan segar maupun setelah mengeras, misalnya sifat pengerjaannya yang lebih mudah dan waktu pengikatan yang lebih lambat atau lebih cepat. *Superplasticizer* merupakan salah satu jenis *chemical admixture* yang sering ditambahkan pada beton segar. Pada dasarnya penambahan *superplasticizer* dimaksudkan untuk meningkatkan kelecakan, mengurangi jumlah air yang diperlukan dalam pencampuran (faktor air semen), mengurangi *slump loss*, mencegah timbulnya *bleeding* dan segregasi, menambah kadar udara (*air content*) serta memperlambat waktu pengikatan (*setting time*).

Adapun macam-macam bahan tambah kimia menurut ASTM C494- 82 adalah seperti dibawah ini.

- a. Tipe A (*water reducing admixtures*)

*Water reducing admixtures* adalah bahan tambah yang mengurangi air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu.

- b. Tipe B (*retarding admixture*)

*Retarding admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton. Misalnya karena kondisi cuaca panas dimana tingkat kehilangan sifat pengerjaan beton sangat tinggi.

c. Tipe C (*accelerating admixture*)

*Accelerating admixtures* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.

d. Tipe D (*water reducing and retarding admixture*)

*Water reducing and retarding admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi ganda, yaitu mengurangi jumlah air yang diperlukan campuran beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal.

e. Tipe E (*water reducing and acceleratiing admixtures*)

*Water reducing and acceleratiing admixtures* adalah bahan tambah yang berfungsi ganda, yaitu mengurangi jumlah air untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan awal.

f. Tipe F (*water reducing high range admixtures*)

*Water reducing high range admixtures* adalah bahan tambah berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih. Pengurangan kadar air dalam bahan ini lebih tinggi, bertujuan agar kekuatan beton yang dihasilkan lebih tinggi dengan air yang sedikit tetapi tingkat kemudahan pengerjaannya lebih tinggi. Jenis bahan tambah ini adalah *superplasticizer*, dosis yang disarankan

adalah sekitar 1-2% dari berat semen. Dosis yang berlebihan akan menyebabkan menurunnya kuat tekan beton.

g. Tipe G (*water reducing high range retarding admixtures*)

*Water reducing high range retarding admixtures* adalah bahan tambah berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang digunakan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih dan juga untuk menghambat pengikatan beton. Jenis bahan tambah ini merupakan gabungan *superplasticizer* dengan penunda waktu pengikatan.

2. Pozolan (pozzolan) merupakan bahan tambah yang berasal dari alam atau buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silikat dan aluminat yang reaktif. Pozolan sendiri tidak mempunyai sifat semen, tetapi dalam keadaan halus bereaksi dengan kapur bebas dan air menjadi suatu massa padat yang tidak larut dalam air. Pozolan dapat ditambahkan pada campuran adukan beton atau mortar (sampai batas tertentu dapat menggantikan semen), untuk memperbaiki kelecakan (*workability*), membuat beton menjadi lebih kedap air (mengurangi permeabilitas) dan menambah ketahanan beton atau mortar terhadap serangan bahan kimia yang bersifat agresif. Penambahan pozolan juga dapat meningkatkan kuat tekan beton karena adanya reaksi pengikatan kapur bebas ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) oleh silikat atau aluminat menjadi *tobermorite* ( $3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ). Pozolan yang saat ini telah banyak diteliti dan digunakan antara lain

*silica fume* (SF), *fly ash* (FA), *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBS), tras alam dan abu sekam padi (*Rice Husk Ash*).

3. Serat (*fibres*) merupakan bahan tambah yang berupa serat gelas/kaca, plastik, baja atau serat tumbuh-tumbuhan (rami, ijuk). Penambahan serat ini dimaksudkan untuk meningkatkan kuat tarik, menambah ketahanan terhadap retak, meningkatkan daktilitas dan ketahanan beton terhadap beban kejutan (*impact load*) sehingga dapat meningkatkan keawetan/durabilitas beton, misalnya pada perkerasan jalan raya atau lapangan udara, *spillway* serta pada bagian struktur beton yang tipis untuk mencegah timbulnya keretakan.

### **2.3 Beton Ultra High Performance Concrete (UHPC)**

Beton *Ultra High Performance Concrete* adalah beton generasi baru yang mempunyai karakteristik sebagai material yang sangat padat dengan kuat tekannya bisa mencapai antara 150 MPa sampai dengan 250 MPa. Beton baru ini memungkinkan diciptakannya struktur beton yang ramping, ringan, disamping dapat menghemat energi dan bahan alam. Kepadatan UHPC yang tinggi memberikan pula keuntungan bahwasanya UHPC ini mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap serangan zat cair ataupun gas yang berbahaya. Tidaklah mengherankan bahwa para peneliti lebih suka menggunakan istilah *ultra high performance* dibandingkan *ultra high strength*.

Dasar ide pembuatan UHPC adalah meningkatkan apa yang disebut dengan term "*Packing Density*" dari matrix semen dan mengurangi secara ekstrim *water cement ratio* sampai dengan 0,2. Untuk itu campuran UHPC berbeda



dengan campuran beton normal, yaitu ditinggalkannya penggunaan agregat kasar dan halus berukuran makro, sebagai gantinya digunakan agregat yang sangat halus dengan rentang ukuran nanometer. Kuat tekannya yang tinggi berkorelasi dengan sifat UHPC yang getas, tetapi dengan penulangan atau penambahan serat baja yang tepat akan tetap dapat diperoleh struktur UHPC yang bersifat daktail dengan struktur yang ramping, tetapi dapat memikul beban sekuat baja (Hadjasaputra, 2009).

#### **2.4 Polycarboxylate Ether IKLA-100**

*Polycarboxylate ether* IKLA-100 merupakan *superplasticizer* beton kualitas super. Obat pengeras beton (*admixture*) yang juga berlaku sebagai *accelerator* yang dapat mempercepat pengeringan beton tipe *High Range Water Reducer* (HRWR). PCE IKLA-100 merupakan *superlasticizer* turunan *polycarboxylate ether* yang digunakan untuk menghasilkan beton mutu tinggi. Dengan kemampuan disperse yang sangat baik, produk ini dapat digunakan untuk mengurangi kebutuhan air dan semen pada beton dengan tetap memberikan kelecakan (*workability*) dari beton. Hasil adukan jadi lebih mudah dikerjakan. Ekonomis dipakai karena dosis yang diperlukan relative sedikit dan bisa mengurangi penggunaan semen. Dosis 0,2-1% dari berat semen (tergantung *mix design*).

#### **2.5 Silica Fume**

Menurut standar *Spesification For Silica Fume for Use in Hydraulic Cement Concrete and Mortar* (ASTM.C.1240,1995:637-642), *silica fume* adalah material pozolan yang halus, dimana komposisi silika lebih banyak dihasilkan dari

tanur tinggi atau sisa produksi silicon atau alloy besi silicon (dikenal sebagai gabungan antara microsilika dengan *silica fume*). Menurut Subakti, *silica fume* mempunyai peranan penting terhadap pengaruh sifat kimia dan mekanik beton. Ditinjau dari sifat kimianya, secara geometris *silica fume* mengisi rongga-rongga diantara bahan semen, dan mengakibatkan diameter pori mengecil serta total volume pori juga berkurang. Sedangkan dari sifat mekaniknya, *silica fume* memiliki reaksi yang bersifat pozzolan yang bereaksi terhadap batu kapur yang dilepas semen (Kusumo, 2013). Karena kandungan  $\text{SiO}_2$  yang cukup tinggi, hidrasi air dan semen akan menghasilkan  $\text{Ca(OH)}_2$  yaitu bahan yang mudah larut dalam air. Kalsium hidroksida  $\text{Ca(OH)}_2$  ini bereaksi dengan silika oksida ( $\text{SiO}_2$ ) membentuk kalsium silikat hidrat, dimana C-S-H ini mempengaruhi kekerasan beton.

Keuntungan dalam penggunaan *silica fume* dapat ditinjau pada dua kondisi:

1. Saat beton dalam proses pengikatan:
  - a. Memudahkan pengerjaan (*workability*).
  - b. Mengurangi perembesan air dan beton (*bleeding*).
  - c. Memberikan waktu pengikatan (*setting time*) yang lama.
2. Saat beton dalam kondisi keras :
  - a. Meningkatkan kuat Tarik.
  - b. Meningkatkan kuat lentur.
  - c. Memperkecil susut dan rangkak.
  - d. Meningkatkan ketahanan terhadap sulfat dan dari lingkungan agresif.

- e. Sebagai penetrasi klorida.
- f. Permeabilitas lebih kecil.
- g. Ketahanan terhadap keausan tinggi.

## **2.6 Terak Logam**

Menurut Tjokrodimulyo (2004) terak baja (slag) adalah hasil sampingan dari pembakaran bijih besi pada tanur tinggi yang didinginkan pelan-pelan di udara terbuka. Terak yang dipakai disini adalah terak yang berasal dari pengecoran Batur Klaten.

## **2.7 Parameter Pengujian Beton Segar**

Pengukuran sifat beton segar jenis *ultra high performance concrete* meliputi: *flowability/ filling ability* dan *viscosity* dengan menggunakan alat-alat berupa *slump-cone* dan *flow-table*.

### ***2.7.1 Flowability***

Pengujian *flowability* dilakukan pada masing-masing variasi beton segar dengan cara memasukan beton segar kedalam *slump cone* yang dipasang secara terbalik (diameter kecil berada dibawah) pada *flow table* kemudian diisi sampai penuh, setelah itu *slump cone* diangkat vertikal keatas dan hitung waktu saat menyentuh diameter 500 mm untuk mengetahui sifat *viscosity* serta ukur diameternya setelah beton segar didiamkan selama 3 menit dari pengangkatan *slump cone* untuk mengetahui sifat *filling ability*. Hasil pengujian disesuaikan dengan penelitian Hoang et al (2017) yang berjudul *Influence of Steel Fiber Content and*

*Aspect Ratio on The Uniaxial Tensile and Compressive Behavior of Ultra High Performance Concrete.*

## **2.8 Beberapa Penelitian Terkait**

Tuan et al. (2010) melakukan penelitian pengaruh abu sekam padi pada penyusutan beton UHPC. Mereka mencampurkan pasir silica berukuran 225  $\mu\text{m}$  dengan semen Portland tipe I dan air pada jumlah yang konstan. Sebagai bahan tambah mereka menggunakan abu sekam padi dengan ukuran partikel 3,6  $\mu\text{m}$ , 5,6  $\mu\text{m}$ , dan 9  $\mu\text{m}$  pada presentase 20% dari berat beton di masing-masing benda uji ditambah *superplasticizer* pada kadar tertentu di setiap masing-masing sampel sesuai dengan perbandingan % solid dengan berat pengikat. Sebagai pembanding mereka membuat sampel beton tanpa bahan tambah dan beton UHPC dengan *Silica Fume* dengan kadar 10% dan 20% dari berat beton. Hasil penelitian menunjukkan penyusutan terbaik terjadi pada abu sekam padi dengan ukuran partikel 5,6  $\mu\text{m}$  hingga 9  $\mu\text{m}$  dalam kadar 20%. Kuat tekan tertinggi di peroleh 175 MPa pada usia 28 hari dengan abu sekam padi ukuran partikel 5,6  $\mu\text{m}$

Hardjasaputra et al. (2013) melakukan penelitian rancangan campuran UHPC yang menggunakan material lokal yang ada di Jakarta dan sekitarnya. Material yang digunakan adalah semen Portland putih sebagai Ordinary Portland Cement SNI tipe I, abu silica yang reaktif, pasir kwarsa dan tepung marmer sebagai pengganti tepung kuarsa dan *superplasticizer* tipe *Polycarboxylether* (PCE). Kuat tekan yang diperoleh dari percobaan ini sebesar 120 – 130 MPa.

Popa et al. (2013) melakukan penelitian dengan membandingkan UHPC tanpa serat baja dengan UHPC serat baja. Material utama yang digunakan adalah semen, *silica fume*, bubuk kuarsa, pasir, *superplasticizer*, dan batu andesit. UHPC tanpa serat diperoleh kuat tekan sebesar 91,7 MPa dan 138,6 MPa.

Wang et al. (2017) melakukan penelitian dengan mendaur ulang koral sebagai bahan pengganti semen dan pasir. Mereka menggunakan *micro-coral* sebagai pengganti semen dan pasir koral sebagai bahan pengganti pasir dengan presentase masing-masing 5%, 10%, dan 15% dari semen untuk *micro-coral* dan 10%, 20%, dan 30% dari pasir untuk koral serta mencampurkan keduanya (*micro-coral* dan koral) secara bersamaan dengan presentase 10% : 20% dan 15% : 30%. Campuran yang digunakan adalah semen, *silica fume*, *fly ash*, pasir dan *superplastisizer*. Dari hasil percobaan diperoleh nilai kuat tekan beton tertinggi pada campuran 10% pasir koral sebagai pengganti pasir sebesar 125 MPa pada umur 28 hari.