

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dikembangkan dengan menggunakan beberapa referensi yang berhubungan dengan obyek pembahasan. Penggunaan referensi ditujukan untuk memberikan batasan-batasan sistem yang nantinya dapat dikembangkan lebih lanjut, dengan mengacu kepada referensi yang digunakan diharapkan pengembangan sistem nanti dapat melahirkan suatu sistem baru yang belum ada pada referensi sebelumnya.

SCC diperkenalkan pertama kali di Eropa pada akhir abad ke-20 dan merupakan konsep inovatif untuk menghasilkan beton yang dapat "mengalir" (*flowable*) namun tetap kohesif dan bermutu tinggi. Beton dapat dicor dengan mudah dan cepat, tanpa perlu dipadatkan/digetarkan. Beton akan dengan mudah mengalir, bahkan melalui tulangan yang rapat tanpa mengalami segregasi ataupun *bleeding*. SCC juga mengatasi permasalahan pengecoran untuk posisi yang tinggi karena dapat dipompa dengan mudah (Mariani, Victor, dan Abdul Gani: 2009).

Penambahan *admixture Superplasticizer* berpengaruh terhadap karakteristik SCC yaitu tingkat kelecakan aliran (*workabilitas*) dan kekuatan tekan. Pengaruh penambahan *admixture Superplasticizer* terhadap karakteristik *workabilitas* SCC yaitu, semakin besar kadar *Superplasticizer* yang diberikan maka semakin tinggi tingkat kelecakan aliran yang diukur dengan nilai *slump-flow* SCC. Sebaliknya, semakin besar kadar *Superplasticizer* yang diberikan maka semakin menurun kekuatan tekan SCC (Mariani, Victor, dan Abdul Gani: 2009).

Beberapa metode yang telah diterapkan untuk memperoleh sifat beton yang *self-compatibility* adalah membatasi kandungan agregat, rasio *water-powder* yang rendah, dan penggunaan bahan aditif seperti *superplasticizer* [1].

Berdasarkan ASTM C. 494 1997, *additon superflow* termasuk dalam bahan *admixture* tipe A dan F. *Additon superflow* merupakan bahan *superplasticising admixture* berjenis *High Range Water Reducing* (HRWR)

berbasis *polycarboxylate* polimer yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan dalam jumlah besar untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan juga untuk menghambat pengikatan beton. Selain itu *addition superflow* juga berfungsi untuk meningkatkan daya alir beton segar, sehingga beton dapat mengalir dan memadat dengan mengandalkan beratnya sendiri.

Beton SCC terlihat sangat berbeda dari beton konvensional pada saat pencampuran. Secara tradisional, beton dengan fluiditas SCC telah memiliki *high water-to-cement ratio*, yang akan menurunkan kekuatan tekan dan durabilitas. SCC dapat menghemat waktu dan tenaga kerja tanpa mengorbankan kinerja.

Beton SCC tidak akan tercipta tanpa menggunakan bahan tambah *admixture*. *Admixture* sebagai bahan tambah kimia yang dapat mengurai partikel-partikel semen sehingga mengurangi kinerja air sebagai media pengikat semen dan agregat. *Admixture* yang akan penulis lakukan pengujian adalah dengan jenis *superplasticizer* merk dagang.

Menurut (Okamura H. & Ouchi, 2003), Beton SCC haruslah memenuhi 3 karakteristik, yaitu : *flowability*, *passing ability*, dan *segregation resistance*. Tiap-tiap karakteristik tersebut mempunyai pengujian tersendiri, misalnya *flowability* bisa dilakukan dengan slump test dimana beton harus menyebar 60-75 cm dalam 2 detik setelah kerucut benda uji *slump* diangkat.

Adapun kelebihan dari beton SCC ini yaitu:

1. Sangat encer, bahkan dengan bahan aditif tertentu bisa menahan slump tinggi dalam jangka waktu lama (*slump keeping admixture*).
2. Tidak memerlukan pemadatan manual
3. Lebih homogen dan stabil
4. Kuat tekan beton bisa dibuat untuk mutu tinggi atau sangat tinggi
5. Lebih kedap, porositas lebih kecil, dan susut lebih rendah
6. Dalam jangka panjang struktur lebih awet (*durable*)
7. Tampilan permukaan beton lebih baik dan halus karena agregatnya biasanya berukuran kecil sehingga nilai estetis bangunan menjadi lebih tinggi.

8. Karena tidak menggunakan penggetaran manual, lebih rendah polusi suara saat pelaksanaan pengecoran.
9. Tenaga kerja yang dibutuhkan juga lebih sedikit karena beton dapat mengalir dengan sendirinya sehingga dapat menghemat biaya sekitar 50% dari upah buruh.

Dua sifat penting khusus untuk SCC dalam keadaan plastis adalah daya lecah aliran dan stabilitas. Kemampuan aliran yang tinggi dari SCC umumnya dicapai dengan menggunakan *High-Range Water-Reducing (HRWR) admixture* dan tidak dengan menambahkan air pencampuran ekstra. Stabilitas atau resistensi terhadap pemisahan campuran beton plastis dicapai dengan menggunakan pencampuran yang mengubah viskositas campuran.

## **2.2 Sejarah Pengembangan *Self Compacting Concrete* (SCC)**

Pengenalan konsep modern dari beton adalah *Self Compacting Concrete* (SCC) atau beton pemadatan mandiri, dikembangkan untuk menuju kualitas yang lebih baik dari beton di Jepang pada akhir tahun 1980-an, dimana kurangnya seragam dan pemadatan yang kurang telah diidentifikasi sebagai faktor utama yang bertanggung jawab dari buruknya kinerja struktur beton.

Tidak ada cara praktis dimana pemadatan beton itu pernah akan dijamin sepenuhnya, sebaliknya fokus ke kebutuhan untuk kompak dengan getaran atau cara lain. Hal ini menyebabkan pengembangan SCC praktis pertama oleh peneliti (Okamura, Ozawa et al.) Di Universitas Tokyo dan kontraktor Jepang yang besar (misalnya Kajima, Maeda, Taisei dll) dengan cepat mengambil ide.

Kontraktor menggunakan fasilitas R & D di-rumah besar mereka untuk mengembangkan teknologi beton SCC. Setiap perusahaan mengembangkan desain campuran mereka sendiri, melatih staf mereka sendiri untuk bertindak sebagai teknisi untuk pengujian di situs. Yang penting, masing-masing kontraktor besar juga mengembangkan perangkat pengujian mereka sendiri dan cara uji.

Modern, kini *Self Compacting Concrete* (SCC) dapat diklasifikasikan sebagai bahan konstruksi canggih. SCC seperti namanya, tidak perlu bergetar untuk mencapai pemadatan penuh. Ini menawarkan banyak manfaat dan

keuntungan lebih beton konvensional. Ini termasuk peningkatan kualitas beton dan pengurangan di tempat perbaikan, waktu konstruksi lebih cepat, biaya keseluruhan yang lebih rendah, fasilitasi pengenalan otomatisasi dalam konstruksi beton.

## **2.3 Beton**

### **2.3.1. Pengertian beton**

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat (SNI-03-2847-2002). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ( $f_c$ ) pada usia 28 hari.

Beton dibentuk oleh pengerasan campuran semen, air, agregat halus, agregat kasar (batu pecah atau kerikil), udara dan kadang-kadang campuran tambahan lainnya. Campuran yang masih plastis ini dicor kedalam perancah dan dirawat untuk mempercepat reaksi hidrasi campuran semen dan air, yang menyebabkan pengerasan beton. Bahan yang terbentuk ini mempunyai kuat tekan yang tinggi dan ketahanan terhadap tarik rendah (Nawy, 1990:3-4).

Kekuatan beton ditentukan oleh peraturan dari perbandingan air, agregat kasar dan agregat halus serta berbagai jenis campuran. Perbandingan air terhadap semen merupakan faktor utama dalam menentukan kekuatan beton. Suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi didalam pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pengerjaan akan tetapi menurunkan kekuatan, suatu ukuran dari pengerjaan beton ini diperoleh dengan percobaan *slump*.

### **2.3.2. Materi penyusun beton**

Beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi sejumlah material pembentuknya (Nawy, 1985:8). Sehingga untuk memahami dan mempelajari perilaku beton, diperlukan pengetahuan tentang karakteristik masing-

masing komponen pembentuknya. Bahan pembentuk beton terdiri dari campuran agregat halus dan agregat kasar dengan air dan semen sebagai pengikatnya.

### **A. Agregat**

Pada beton biasanya terdapat sekitar 70% sampai 80 % volume agregat terhadap volume keseluruhan beton, karena itu agregat mempunyai peranan yang penting dalam propertis suatu beton (Mindess et al., 2003).

Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai satu kesatuan yang utuh, homogen, rapat, dan variasi dalam perilaku (Nawy, 1998). Terdapat dua jenis agregat yaitu :

#### **1. Agregat Halus**

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (SNI 03-2834-2000). Sebagai bahan pencampur beton dan untuk menghasilkan mutu beton yang baik, maka pasir minimal harus memenuhi syarat-syarat diantaranya:

- a) terdiri dari butiran yang tajam keras dan kekal,
- b) tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak,
- c) tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% berat kering, dan
- d) Harus berasal dari gradasi baik (well graded) yaitu diatas ayakan 4 mm minimal terdapat 2% berat total, diatas ayakan 1 mm minimal terdapat 10% berat total, dan sisa diatas ayakan 0,25 mm berkisar antara 80% – 95% berat total

#### **2. Agregat Kasar**

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5mm-40 mm (SNI 03-2834-2000). Ketentuan mengenai agregat kasar antara lain :

- a) Harus terdiri dari butir - butir yang keras dan tidak berpori.
- b) Butir – butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh – pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.

- c) Tidak boleh mengandung zat – zat yang dapat merusak beton, seperti zat – zat yang relatif alkali.
- d) Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%. Apabila kadar lumpur melampaui 1%, maka agregat kasar harus dicuci.

#### **B. Semen**

Semen adalah zat yang digunakan untuk merekatkan batu bata, batako, maupun bahan bangunan lainnya yang bersifat pengeras dengan bahan bangunan lainnya. Semen berfungsi untuk mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butiran agregat.

Semen yang biasa digunakan adalah semen portland yaitu semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikati hidrolik dan bahan tambahan berbentuk kalsium sulfat.

#### **C. Air**

Air yang dapat diminum dapat digunakan untuk air adukan beton akan tetapi air yang dapat digunakan untuk adukan beton tidak berarti dapat diminum. Ada batasan minimum kandungan zat kimia dalam air adukan yang terdapat dalam air dengan batasan tingkat konsentrasi tertentu yang dapat digunakan bagi adukan beton.

#### **2.3.3. Bahan Tambah Campuran Beton**

Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton misalnya untuk dapat dengan mudah dikerjakan, mempercepat pengerasan, menambah kuat tekan, penghematan atau untuk tujuan lain seperti penghematan energi (Mulyono, 2003). Bahan tambah biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit dan harus dengan pengawasan yang ketat agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton.

Manfaat dari penggunaan bahan tambah ini perlu dibuktikan dengan menggunakan bahan agregat dan jenis semen yang sama dengan bahan yang akan digunakan di lapangan. Dalam hal ini bahan yang akan dipakai sebagai bahan tambah harus memenuhi ketentuan yang diberikan oleh SNI.

## 2.4 Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk dapat menerima gaya per satuan luas (Mulyono, 2004).

Nilai kekuatan beton diketahui dengan melakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji silinder ataupun kubus pada umur 28 hari yang dibebani dengan gaya tekan sampai mencapai beban maksimum. Beban maksimum didapat dari pengujian dengan menggunakan alat *compression testing machine*.

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

### 1. Sifat agregat

Sifat-sifat agregat sangat berpengaruh pada mutu campuran beton. Adapun sifat-sifat agregat yang perlu diperhatikan seperti, serapan air, kadar air agregat, berat jenis, gradasi agregat, modulus halus butir, kekekalan agregat, kekasaran dan kekerasan agregat.

### 2. 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.

Pengujian nilai kuat tekan beton dilakukan di laboratorium dengan menggunakan benda uji silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Rumus untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton berdasarkan percobaan dilaboratorium sebagai berikut:

$$f'_c = \frac{P}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

keterangan :

$f'_c$  = Kuat tekan beton ( MPa)

P = Beban tekan ( N )

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

## 2.5 Kuat Tekan Lentur

Kuat tarik lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan kepadanya, sampai benda uji patah, dinyatakan dalam *Mega Pascal* (MPa) gaya per satuan luas (SNI 4431:2011).

Sebuah balok yang diberi beban akan mengalami deformasi, dan oleh sebab itu timbul momen-momen lentur sebagai perlawanan dari material yang membentuk balok tersebut terhadap beban luar. Tegangan yang timbul selama mengalami deformasi tidak boleh melebihi tegangan lentur ijin untuk bahan dari beton itu. Momen eksternal harus ditahan oleh bahan dari beton, dan harga maksimum yang dapat dicapai sebelum balok mengalami keruntuhan atau patah sama dengan momen penahan internal dari balok.

Rumus untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton berdasarkan percobaan dilaboratorium sebagai berikut:

$$\sigma_{lentur} = \frac{3P L}{2bd^2}$$

Keterangan:

$\sigma_{lentur}$  = tegangan lentur (Mpa)

P = beban maksimum yang terjadi (Newton)

L = panjang bentang (mm)

b = lebar balok rata-rata pada penampang runtuh (mm)

d = tinggi balok rata-rata pada penampang runtuh (mm)

## 2.6 Bahan tambah (*Admixture*)

Bahan tambah (*admixture*) adalah suatu bahan berupa bubukan atau cairan, yang dibubuhkan kedalam campuran beton selama pengadukan dalam jumlah tertentu untuk merubah beberapa sifatnya. (Spesifikasi Bahan Tambahan untuk Beton, SNI 03-2495-1991).

Berdasarkan ACI (*American Concrete Institute*), bahan tambah adalah material selain air, agregat dan semen hidrolik yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung.

Penambahan bahan tambah dalam sebuah campuran beton atau mortar tidak mengubah komposisi yang besar dari bahan lainnya, karena penggunaan bahan tambah ini cenderung merupakan pengganti atau substitusi dari dalam campuran beton itu sendiri.

Penggunaan bahan tambah dalam sebuah campuran beton harus memperhatikan standar yang berlaku seperti SNI (Standar Nasional Indonesia), ASTM (*American Society for Testing and Materials*) atau ACI (*American Concrete Institute*) dan yang paling utama memperhatikan petunjuk dalam manual produk dagang.

#### **2.6.1. Chemical admixtures (bahan tambah kimia)**

Menurut standar ASTM, terdapat 7 jenis bahan tambah kimia, yaitu:

1. Tipe A, *Water-Reducing Admixtures*
2. Tipe B, *Retarding Admixtures*
3. Tipe C, *Accelerating Admixtures*
4. Tipe D, *Water Reducing and Retarding Admixtures*
5. Tipe E, *Water Reducing and Accelerating Admixtures*
6. Tipe F, *Water Reducing, High Range Admixtures*
7. Tipe G, *Water Reducing, High Range Retarding Admixtures*

*Workabilitas* adalah sifat kemudahan beton segar untuk dikerjakan dan homogenitas campuran. *Workabilitas* SCC mencakup kriteria *filling ability*, *passing ability* dan *segregation resistance*, sebagaimana telah dijelaskan di atas. Menurut Amri (2005), pengurangan kadar air campuran dengan penambahan *Superplasticizer* akan memberikan dampak peningkatan kekuatan, mengurangi penyusutan dan permeabilitas beton.

*Superplasticizer* terbuat dari berbagai bahan yang berasal dari *Sulphite lye*, campuran albumin dan gula. Oleh karena bahan ini dapat juga bersifat mempercepat waktu pengikatan (*setting time*), maka kadang-kadang dicampur dengan kalsium klorida untuk melawan pengaruh waktu sifat pemercepat tersebut (*Retarder*).

Hal-hal yang memengaruhi fungsi *Superplasticizer*, antara lain : dosis atau kadar, tipe semen, jenis dan gradasi agregat, susunan campuran dan suhu pada saat pengerjaan. Dosis *Superplasticizer* yang disarankan adalah 1-2 % dari berat semen. Dosis yang berlebihan dapat menyebabkan *segregation* dan *prolonged set retardation*, serta berkurangnya kekuatan tekan beton (Imran, 2006).

### **2.7 Slump Flow**

*Slump-flow test* dapat dipakai untuk menentukan '*filling ability*' baik di laboratorium maupun di lapangan dan dengan memakai alat ini dapat diperoleh kondisi workabilitas beton berdasarkan kemampuan penyebaran beton segar keseluruhan bagian cetakan melalui berat sendirinya yang dinyatakan dengan besaran diameter yaitu antara 60 cm – 75 cm dalam waktu 2 detik

### **2.8 Pengujian Segregation Resistance**

Tes ini dikembangkan di Jepang dan digunakan oleh Ozawa. Pengetesan ini dilakukan untuk campuran SCC dengan menggunakan alat *V-Funnel* untuk mengevaluasi apakah beton *self compacting* tetap dalam keadaan komposisi yang homogen, dengan melakukan pengamatan kecepatan aliran yang diukur dengan waktu yang dibutuhkan sampel untuk mengalir melalui corong. Pada pengetesan ini standar waktu alir yang memenuhi yaitu 8 sampai 15 detik.

### **2.9 Pengujian Passing Ability**

Pengetesan ini dilakukan untuk campuran beton SCC dengan menggunakan alat *L-Box* untuk mengetahui kemampuan beton SCC untuk mengalir melalui celah-celah antar besi tulangan atau bagian celah yang sempit dari cetakan menggunakan beratnya sendiri tanpa terjadi adanya segregasi atau blocking (*Passing Ability*). Untuk test ini kriteria yang umum dipakai, disarankan mencapai nilai  $(H2/H1) = 0.8$  s/d 1.0.

