

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **A. Beton**

Beton adalah campuran antara semen *Portland* atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat (SNI-03-2847-2002). Beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimia sejumlah material pembentuknya (Nawy 1985), artinya terjadi proses mekanis dan kimiawi yang terjadi pada saat pencampuran material dalam pembentukan beton hingga terjadi pengerasan pada beton.

Di kehidupan modern ini, beton menjadi hal terpenting dalam pembangunan konstruksi bangunan. Beton mampu memikul beban tekan yang berat dalam suatu struktur disamping juga pemeliharaan untuk beton tergolong memerlukan biaya yang relatif murah. Perlu diketahui bahwa pembuatan beton yang baik tidak sekedar mencampur material hingga adukan mengeras dan langsung digunakan seperti yang mungkin sering kita jumpai sehari-hari. Beberapa parameter yang mempengaruhi kekuatan beton agar tergolong baik yaitu perlu diperhatikan kualitas semen, proporsi semen dalam campuran beton, kekuatan dan kebersihan agregat, ikatan antara pasta dan agregat, pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton, serta pemadatan beton dan perawatannya.

Selain itu, dilakukan pengujian pada beton untuk mengetahui kadar kelayakan dalam penggunaannya. Pengujian-pengujian beton tersebut diantaranya, pengujian *slump* beton, pengujian kuat tekan, kuat lentur, dan kuat tariknya, pengujian modulus elastisitas dan lain sebagainya, jika beton mampu memenuhi standar pengujian maka beton dinyatakan lulus uji dan dapat dipergunakan sesuai kebutuhannya.

#### **B. Beton *Self Compacting Concrete* (SCC)**

Beton SCC adalah beton segar yang sangat plastis dan mudah mengalir mengisi ruang karena beton SCC mampu memadat sendiri tanpa bantuan alat

penggetar (*vibrator*). Beton SCC yang baik harus tetap homogen, kohesif, tidak segregasi, tidak terjadi *blocking*, dan tidak *bleeding*. Keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan beton SCC adalah dapat mengurangi lamanya proses konstruksi dan upah pekerja, pemadatan dan penggetaran beton yang optimum, serta dapat mengurangi kebisingan yang dapat mengganggu lingkungan sekitarnya (Herbudiman & Siregar, 2013). Dilihat dari segi material penyusun, perbedaan beton biasa dengan beton SCC adalah adanya penambahan *superplasticizer* dalam campuran betonnya. *Superplasticizer* merupakan cairan kimia yang berfungsi untuk mengurangi penggunaan air pada campuran beton.

Suatu campuran beton dapat dikatakan *Self Compacting Concrete* (SCC) jika memiliki sifat-sifat seperti terlihat pada Tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1 Sifat-sifat beton SCC (Okamura & Ozawa, 1994)

| Beton segar  | Beton keras   |
|--|---|
| <i>Filling ability</i> , kemampuan campuran betonn segar untuk dapat mengisi ruangan tanpa vibrasi | Memiliki tingkat absorpsi dan permeabilitas yang rendah |
| <i>Passing ability</i> , kemampuan dari campuran beton segar untuk dapat melewati tulangan         | Memiliki tingkat durabilitas yang tinggi                |
| <i>Segregation resistance</i> , campuran beton yang tidak mengalami segregasi                      | Mampu membentuk campuran beton yang homogen             |

Adapun kelebihan serta kekurangan dari penggunaan beton *self compacting concrete* ini sendiri adalah seperti Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 Kelebihan dan kekurangan beton SCC (Herbudiman & Siregar, 2013)

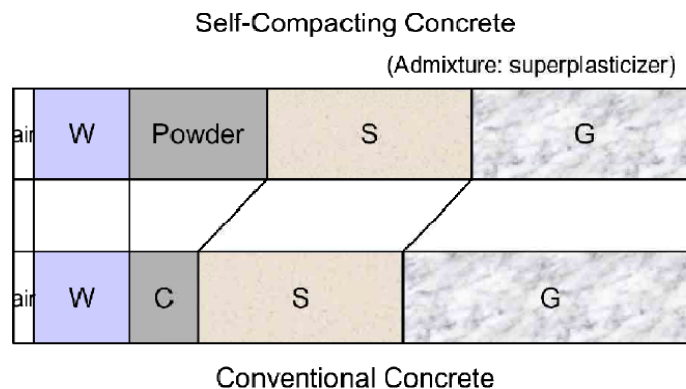
| Kelebihan beton <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC)         | Kekurangan beton <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC)   |
|---|--|
| Tidak memerlukan pemadatan dengan menggunakan <i>vibrator</i> | Beton SCC lebih mahal dari segi biaya dibandingkan dengan beton konvensional                               |
| Tenaga kerja yang diperlukan menjadi lebih sedikit            | Pembuatan bekisting beton harus benar-benar diperhatikan karena mudah terjadi kebocoran campuran beton SCC |

Tabel 3.3 Kelebihan dan kekurangan beton *Self Compacting Concrete* (SCC) (lanjutan) (Herbudiman & Siregar, 2013)

| Kelebihan beton <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC)                             | Kekurangan beton <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC)                               |
|---|--|
| Mengurangi kebisingan yang mengganggu lingkungan sekitar                          | Beton tidak boleh mengalami segregasi namun tetap harus memenuhi syarat flowabilitas |
| Pengecoran mudah, waktu proyek lebih cepat, dan meningkatkan durabilitas struktur |  |

### C. Material penyusun beton *Self Compacting Concrete* (SCC)

Okamura dan Ouchi (2003) membandingkan beton konvensional dengan SCC dari sisi proporsi pencampurannya, yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Perbandingan beton normal dengan SCC (Okamura, 2003)

Keterangan:

W = *water* (air), S = *sand* (pasir), C = *cement* (semen), dan G = *gravel*.

Berdasarkan gambar tersebut, diketahui bahwa pada volume yang sama, komposisi material yang diperlukan SCC dan beton konvensional adalah berbeda. Komposisi *powder* pada SCC lebih banyak dibandingkan komposisi semen pada beton konvensional, *powder* pada SCC dapat berupa semen ataupun berupa *binder* (bahan pengikat dalam campuran beton yang terdiri dari semen dan bahan pengisi), sedangkan komposisi kerikil SCC lebih sedikit dibandingkan komposisi kerikil pada beton konvensional.

a. Semen

Semen adalah bahan perekat hidrolis-anorganik berbentuk *powder* halus yang mempunyai sifat pengikatan kimia (adhesif & kohesif) dan dapat membentuk senyawa baru (pasta hingga padatan), bila direaksikan dengan air dalam waktu tertentu, sementara semen *portland* yaitu semen yang dihasilkan dengan cara menghaluskan *clinker* yang mengandung senyawa kalsium, silikat, aluminat, dan *ferrite* dengan bahan tambahan dan bahan lain sebagai aditif. Tabel 3.4 menunjukkan komposisi kimia dalam semen *portland* (SNI 15-2049-2004).

Tabel 3.4 Komposisi kimia dalam semen *portland* (SNI 15-2049-2004)

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| C3S                                   | <i>Tricalcium Silicate</i>              |
| C2S                                   | <i>Dicalcium Silicate</i>               |
| C3A                                   | <i>Tricalcium Aluminate</i>             |
| C4AF                                  | <i>Tetracalcium Alumino Ferrite</i>     |
| CaSO <sub>4</sub> . 2H <sub>2</sub> O | <i>Gypsum, Calcium Sulfat Dihidrate</i> |

Adapun semen *portland* sendiri terbagi dalam berbagai jenis, dimana setiap jenisnya menyesuaikan dengan kebutuhan penggunaan. Berdasarkan SK SNI S-04-1989F semen *portland* dibagi menjadi 5 jenis, yaitu sebagai berikut ini.

- 1) Jenis I, yaitu semen *portland* untuk konstruksi umum yang penggunaan tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang diisyaratkan pada jenis-jenis lain.
- 2) Jenis II, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- 3) Jenis III, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
- 4) Jenis IV, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
- 5) Jenis V, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

## b. Air

Air merupakan salah satu faktor penting, karena air bereaksi dengan semen yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Kualitas air sangat mempengaruhi kekuatan beton, karena bila kelebihan air akan menyebabkan beton mengalami *bleeding*. Air harus diusahakan agar tidak membuat rongga pada beton, tidak membuat retak pada beton, dan tidak membuat korosi pada tulangan yang mengakibatkan beton menjadi rapuh.

Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu tawar, tidak berbau, tidak mengandung minyak, bila dihembuskan dengan udara tidak keruh, dan lain sebagainya.

Syarat air yang dapat digunakan dalam proses pencampuran beton menurut SK SNI 03-2847-2002 adalah sebagai berikut ini.

1. 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.
2. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan
3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama dan hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar 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. Perbandingan uji kekuatan tersebut harus dilakukan pada adukan serupa, terkecuali pada air pencampur, yang dibuat dan diuji sesuai dengan “Metode uji kuat tekan untuk mortar semen hidrolis (Menggunakan spesimen kubus dengan ukuran sisi 50 mm)” (ASTM C 109 ).

### c. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang semua butirnya menembus ayakan 4,8 mm. Persyaratan umum agregat halus yang digunakan sebagai campuran beton adalah sebagai berikut ini (PBI-1971).

1. Agregat halus dapat berupa pasir alam yang diambil dari sungai atau berupa pasir buatan yang dihasilkan dari alat pecah batu.
2. Butirannya harus yang tajam dan keras, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.
3. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 % (ditentukan terhadap berat kering).
4. Tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak. Untuk itu bisa dilakukan percobaan warna dari *Abrams-Harder* dengan larutan NaOH.

Tahapan pengujian agregat halus antara lain sebagai berikut ini.

#### 1. Pengujian gradasi agregat halus (pasir)

Pengujian gradasi dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butir pasir dengan menggunakan saringan/ayakan. Langkah-langkah pengujian ini berdasarkan SK SNI : 03-1968-1990.

#### 2. Pengujian berat jenis agregat halus (pasir)

Pengujian berat jenis agregat dilakukan dengan langkah-langkah berdasarkan SK SNI : 03-1970-2008.

$$\text{Berat jenis curah kering} = \frac{A}{(B + A - C)} \quad (3.1)$$

dengan :

A = berat benda uji kering oven (gram),

B = berat piknometer yang berisi air (gram), dan

C = berat piknometer dengan benda uji dan air (gram).

#### 3. Pengujian penyerapan air agregat halus (pasir)

Pengujian ini bertujuan mengetahui persentase penyerapan air pada agregat halus (pasir) yang berdasarkan pada SNI 03-1970-1990.

$$\text{Penyerapan air} = \left( \frac{S - A}{A} \right) \times 100\% \quad (3.2)$$

dengan :

A = berat benda uji kering oven (gram) , dan

S = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram).

#### 4. Pengujian kadar lumpur agregat halus (pasir)

Pengujian kadar lumpur agregat halus berdasarkan SK SNI S-041989-F. Pengujian bertujuan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat pada agregat halus (pasir).

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{B1-B2}{B1} \times 100\% \quad (3.3)$$

dengan :

B1 = Pasir jenuh kering muka (gram), dan

B2 = Pasir setelah keluar oven (gram).

#### 5. Pengujian berat satuan agregat halus (pasir)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat satuan agregat halus (pasir).

$$\text{Berat satuan} = \frac{W3}{V} \text{ kg/liter} \quad (3.4)$$

dengan :

W3 = Berat benda uji (kg), dan V = Volume Mould (m<sup>3</sup>).

#### d. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam SCC yaitu ukuran maksimum 20 mm. Agregat kasar dapat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Persyaratan umum agregat kasar yang digunakan sebagai campuran beton adalah seagai berikut (PBI-1971) ini.

1. Agregat kasar berupa kerikil yang berasal dari batu-batuan alami, atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecah batu.
2. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Butir butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering).

4. Tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.

Dalam mengetahui karakteristik dari agregat dapat dilakukan dengan melakukan pengujian seperti yang telah distandarkan (analisa saringan, berat jenis, air resapan, berat volume, kelembapan, dan kebersihan agregat terhadap lumpur). Agregat kasar yang dipakai dalam penelitian ini adalah agregat kasar yang berasal dari batu pecah.

Tahapan pengujian agregat kasar antara lain sebagai berikut ini.

1. Pengujian berat jenis agregat kasar (split)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis dan mengetahui persentase berat air yang mampu diserap oleh agregat kasar.

$$\text{Berat jenis curah kering} = \frac{A}{(B - C)} \quad (3.5)$$

dengan :

A = berat benda uji kering oven (gram),

B = berat benda uji kondisi jenuh kering di udara (gram), dan

C = berat benda uji dalam air (gram).

2. Penyerapan air agregat kasar (split)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui persentase penyerapan air pada agregat kasar.

$$\text{Penyerapan air} = \left[ \frac{B - A}{A} \right] \times 100\% \quad (3.6)$$

dengan :

A = berat benda uji kering oven (gram), dan

B = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram).

3. Pengujian Modulus Halus Butir

Modulus halus butir (MHB) adalah suatu indeks yang dipakai untuk mengukur kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Semakin besar nilai Modulus halus butir (MHB) suatu agregat maka semakin besar butiran agregatnya. Kehalusan dan kekasaran agregat dapat mempengaruhi kelecakan dari mortar beton.



Modulus halus butir (MHB) didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir agregat yang tertinggal diatas satu set ayakan (38, 19, 6, 4, 1, 2, 0.6, 0.3, 0.15 mm), kemudian nilai tersebut dibagi dengan seratus (Ilsley, 1942). Umumnya agregat halus mempunyai Modulus halus butir (MHB) sekitar 1,50 – 3,8 dan kerikil mempunyai Modulus halus butir (MHB) 5 – 8. Nilai ini dapat juga dipakai sebagai dasar untuk mencari perbandingan dari campuran agregat. Agregat campuran nilai untuk Modulus halus butir (MHB) yang bisa dipakai berkisar 5,0 – 6,0. Hubungan ketiga nilai Modulus halus butir (MHB) tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut ini.

$$W = \frac{(K - C)}{(C - P)} \times 100\% \quad (3.7)$$

dengan :

W = Persentase berat agregat halus (pasir) terhadap berat agregat kasar (kerikil/batu pecah),

K = Modulus halus butir agregat kasar,

P = Modulus halus butir agregat halus, dan

C = Modulus halus butir agregat campuran.

#### 4. Pengujian berat satuan agregat kasar (*split*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat satuan agregat kasar (*split*)

$$\text{Berat satuan} = \frac{W_3}{V} \text{ kg/liter} \dots\dots\dots(3.4)$$

Dengan:

W3 = berat benda uji (kg), dan

V = volume mould (m3).

#### 5. Pengujian kadar lumpur agregat kasar (*split*)

Pengujian kadar lumpur agregat kasar berdasarkan SK SNI S-041989-F. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat pada agregat kasar (*split*).

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{B1-B2}{B1} \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

Dengan:

B1 = pasir jenuh kering muka (gram), dan

B2 = pasir setelah keluar oven (gram).

e. Bahan tambah (*admixture*)

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. Bahan tambah ialah suatu bahan berupa bubuk atau cairan yang ditambah kedala adukan cairan beton selama pengadukan dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya. (SK SNI S -18 – 1990 - 03). Standar pemberian bahan tambahan beton ini pun sudah diatur dalam SNI S-18-1990-03 tentang Spesifikasi Bahan Tambahan pada Beton. Berdasarkan ACI (*American Concrete Institute*), bahan tambah adalah material selain air, agregat dan semen hidrolis yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung.

1. *Superplasticizer*

*Superplasticizer (high range water reduder admixture)* yaitu bahan kimia yang berfungsi mengurangi air sampai 12% atau bahkan lebih (ASTM C494-82). Menurut ASTM C494 dan *British Standard 5075*, *superplasticizer* adalah bahan kimia tambahan pengurang air yang sangat efektif. Dalam meningkatkan *workability* campuran beton, penggunaan dosis *superplasticizer*, secara normal berkisar antara 1-3 liter tiap 1 meter kubik beton. Larutan *superplasticizer* terdiri dari 40% material aktif, ketika *superplasticizer* digunakan untuk mengurangi jumlah air, dosis yang digunakan akan lebih besar, 5 sampai 20 liter tiap 1 meter kubik beton (Neville,1995). Dalam pembuatan *Self Compacting Concrete (SCC)* ini digunakan *superplasticizer* dengan nama dagang *Sika Viscocrete-1003*. *Sika Viscocrete-1003* adalah bahan tambah kimia (*chemical admixture*) yang melarutkan gumpalan-gumpalan dengan

cara melapisi pasta semen sehingga semen dapat tersebar dengan merata pada adukan beton dan mempunyai pengaruh dalam meningkatkan *workability* beton sampai pada tingkat yang cukup besar. Spesifikasi (*technical data*) dari *Sika Viscocrete 1003* dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Data teknis *sika viscocrete-1003* (idn.sika.com)

|   |                           |
|---|---------------------------|
| Bentuk  | Cair                      |
| Warna   | <i>Brownish</i>           |
| Kerapatan Relatif @20°C                           | 1,06                      |
| Kandungan material kering %                       | 30                        |
| Dosis % berat semen                               | 0,6 – 1,6                 |
| Ph  | 4,5                       |
| <i>Water Soluble Chloride Content %</i>           | <0,1 <i>Chloride free</i> |
| <i>Equivalent Sodium Oxide as Na<sub>2</sub>O</i> | 0,30                      |

## 2. Abu Sekam Padi

Abu sekam padi terbuat dari pembakaran sekam padi yang diperoleh dari tanaman padi. Abu sekam padi mempunyai sifat *pozzolan*, karena mengandung silika yang tinggi (SiO<sub>2</sub>) yaitu sebesar 90% dan karbon (C), sehingga dapat dijadikan bahan tambahan untuk pembuatan beton, dimana bahan silika sangat berpengaruh terhadap proses pengikatan adonan beton, selain itu dengan sifat *pozzolan* yang dimiliki oleh abu sekam padi, dapat bermanfaat dalam meningkatkan kinerja material beton, meminimalkan penggunaan semen, serta menjadi bahan tambah untuk menghasilkan mutu beton yang optimum. Sekam padi mengandung berbagai zat kimia penyusunnya. Zat kimia yang terkandung dalam sekam padi adalah seperti pada Tabel 3.6 berikut ini.

Tabel 3.6 Kadar zat kimia dalam sekam padi (Ilham, 2005)

| Komponen          | % Berat       |
|-------------------|---------------|
| SiO <sub>2</sub>  | 86,90 – 97,30 |
| K <sub>2</sub> O  | 0,58 – 2,50   |
| Na <sub>2</sub> O | 0,00 – 1,75   |
| CaO               | 0,20 – 1,50   |
| MgO               | 0,12 – 1,96   |

Tabel 3.7 Kadar zat kimia dalam sekam padi (lanjutan) (Ilham, 2005)

| Komponen                       | Berat       |
|--------------------------------|-------------|
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,00 – 0,54 |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,20 – 2,84 |
| SO <sub>3</sub>                | 0,10 – 1,13 |
| Cl                             | 0,00 – 0,42 |

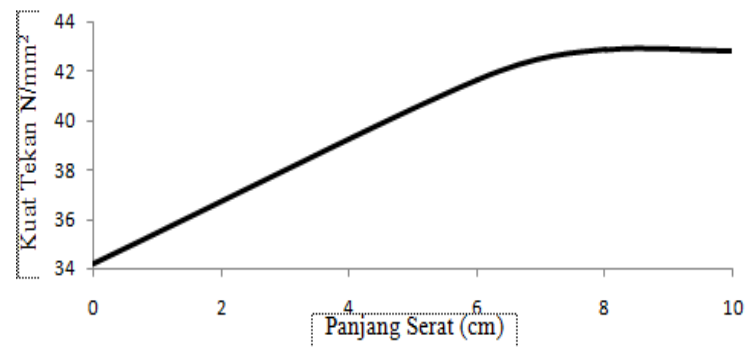
Tabel 3.8 Sifat fisik abu sekam padi (Ilham, 2005)

| Bahan                                       | Abu sekam padi |
|---|----------------|
| Jari-jari pori rata-rata (m)                | 0.56           |
| Berat jenis                                 | 2.00           |
| Distribusi butiran median (m)               | 28.78          |
| Luas permukaan spesifik (m <sup>2</sup> /g) | 183.8          |
| Volume kumulatif (m <sup>3</sup> /g)        | 1263.3         |

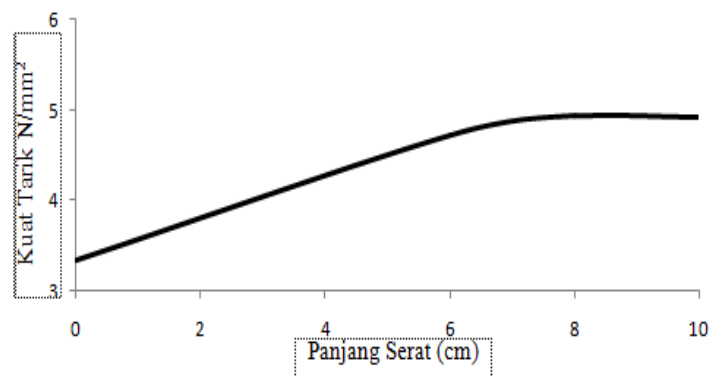
### 3. Potongan Kawat Bendrat

Kawat bendrat adalah material yang biasanya digunakan untuk pengikat rangkaian tulangan-tulangan antara satu tulangan dengan yang lainnya dalam sebuah konstruksi struktur. Penambahan kawat bendrat pada beton *Self-Compacting Concrete*, adalah karena kawat bendrat memiliki kekuatan serta modulus elastisitas yang relatif tinggi, disamping itu kawat bendrat tidak mengalami perubahan bentuk terhadap pengaruh alkali semen, dan lekatannya pada beton dapat meningkat karena penjangkaran secara mekanika (Widodo, 2013). Kawat bendrat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kawat bendrat berdiameter 1 mm dan pemberiannya pada campuran beton dengan distribusi random untuk mencegah retak yang terjadi akibat pembebanan (Sudarmoko, 1990). Sebelumnya kawat bendrat dipotong-potong menjadi ukuran kecil sepanjang 1 cm – 2 cm. Faktor penambahan kawat bendrat ini akan berpengaruh pada peningkatan daktilitas dan kapasitas penyerapan energi, serta meningkatkan kuat tarik dan kuat tekan beton.

Sudarmoko meneliti pengaruh aspek rasio serat (nilai banding panjang dan diameter serat) yang dinyatakan panjang serat, terhadap sifat-sifat struktural adukan beton yang mengandung serat yang meliputi kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastik. Panjang serat kawat bendrat 60, 80 dan 100 mm dengan konsentrasi serat 1 % dari volume adukan disimpulkan hasil terbaik ditunjukkan oleh beton serat dengan panjang serat 80 mm merupakan nilai yang optimal untuk ditambahkan pada adukan beton ditinjau dari sudut peningkatan kuat tarik dan kuat tekan beton. Hubungan panjang serat kawat bendrat dengan kuat tekan dan kuat tarik beton dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.2 Hubungan panjang serat kawat bendrat dengan kuat tekan beton (Sudarmoko, 1990)



Gambar 3.3 Hubungan panjang serat kawat bendrat dengan kuat tarik beton (Sudarmoko, 1990)

#### D. Sifat Self Compacting Concrete (SCC)

Kriteria *workability* dari campuran beton yang baik pada *Self Compacting Concrete* (SCC) adalah mampu memenuhi kriteria sifat beton segar *Self Compacting Concrete* berikut ini.

a. Kemampuan mengisi ruangan (*fillingability*)

Kemampuan campuran beton segar mengisi ruangan atau cetakan dengan beratnya sendiri, untuk mengetahui beton memiliki kemampuan *filling* maka beton segar diuji menggunakan alat *slump cone*, dengan waktu yang diperlukan aliran beton untuk mencapai diameter 50 cm ( $SF_{50}$ ) 3 – 15 detik dan diameter maksimum yang dicapai aliran beton ( $SF_{max}$ ) 65 – 75 cm (*Japan Society of Civil Engineers Guidelines for Concrete, 2007*).

b. Pengaliran (*flowability*)

*Flowability* pada *Self Compacting Concrete* dapat menunjukkan bahwa beton tersebut mempunyai pengaliran yang baik atau tidak. Pada *Self Compacting Concrete*, *flowability* dapat diuji menggunakan uji *Flow table* dan *V-Funnel*. Pengujian *flow table* disyaratkan waktu yang diperlukan beton untuk mencapai diameter sebaran sebesar 500 mm ( $t_{500}$ ) adalah 2-5 detik dan syarat diameter sebaran adalah 700 mm, sedangkan pada pengujian *v-funnel* tanpa serat waktu yang diperlukan beton untuk melewati celah hingga habis adalah 6-12 detik (*Siddique, 2001*).

c. Kemampuan melewati tulangan (*passingability*)

Kemampuan campuran beton segar untuk melewati celah-celah antar besi tulangan atau bagian celah yang sempit dari cetakan, untuk mengetahui beton memiliki kemampuan ini dilakukan uji dengan menggunakan alat *J-Ring flow table*, *L-Box* dan *Box Type*, dengan perbedaan tinggi yang diperlukan aliran beton arah horizontal ( $H_2/H_1$ ) lebih besar dari 0,8 (*The European Guidelines For Self Compacting Concrete, 2005*).

d. *Segregation Resistance*

Ketahanan campuran beton segar terhadap segregasi, untuk mengetahui beton memiliki kemampuan ini dilakukan uji dengan menggunakan alat *V-Funnel*, dengan waktu yang diperlukan beton segar untuk segera mengalir

melalui mulut di ujung bawah alat ukur *V-funnel* antara 7 – 13 detik (*Japan Society of Civil Engineers Guidelines for Concrete, 2007*).

#### E. Metode Pemeriksaan *Self Compacting Concrete* (SCC)

Ada beberapa pengujian *fresh properties* pada *Self Compacting Concrete* (SCC) berdasarkan acuan dari EFNARC (2002). Pengujian-pengujian *fresh properties* tersebut dapat dilihat pada tabel 3.9 di bawah ini.

Tabel 3.9 Daftar pengujian *fresh properties* SCC (EFNARC, 2002)

| No | Metode Pengujian                   | Tujuan Pengujian              |
|----|------------------------------------|-------------------------------|
| 1  | <i>Slump flow by Abrams cone</i>   | <i>Filling Ability</i>        |
| 2  | <i>Slump flow T<sub>50</sub></i>   | <i>Filling Ability</i>        |
| 3  | <i>J-Ring</i>                      | <i>Passing Ability</i>        |
| 4  | <i>V-Funnel</i>                    | <i>Filling Ability</i>        |
| 5  | <i>V-Funnel T<sub>5menit</sub></i> | <i>Segregation Resistance</i> |
| 6  | <i>L-Box</i>                       | <i>Passing Ability</i>        |
| 7  | <i>U-Box</i>                       | <i>Passing Ability</i>        |
| 8  | <i>Fill-Box</i>                    | <i>Passing Ability</i>        |
| 9  | <i>Stabilitas GTM screen</i>       | <i>Segregation Resistance</i> |
| 10 | <i>Orimet</i>                      | <i>Filling Ability</i>        |

Berdasarkan tabel di atas, terdapat 10 pengujian yang ditetapkan oleh EFNARC, namun di dalam penelitian ini hanya dilakukan 4 penelitian saja. Hal ini dikarenakan 4 pengujian tersebut dirasa sudah cukup mewakili untuk menganalisa kemampuan SCC dalam pengujian *fresh properties*. Keempat pengujian tersebut adalah sebagai berikut ini.

##### a. *Slump Flow* (T50)

Pengujian *slump flow* digunakan untuk mengetahui kemampuan mengalir dan stabilitas adonan beton SCC. Alat uji nya berupa sebuah lingkaran berdiameter 500 mm yang digambar pada besi datar. Kerucut Abram diletakkan di tengah lingkaran tersebut lalu diisi dengan adukan beton segar dengan posisi diameter yang lebih besar di bawah dan yang

kecil di atas, kemudian kerucut abram diangkat. Catat waktu ketika adonan beton mencapai diameter lingkaran yaitu 500 mm (T50). Saat adonan berhenti mengalir, ukur diameter akhirnya dan amati segregasi pada ujung yang terjadi. Durasi adonan beton segar untuk mencapai diameter 500 mm adalah 2 – 5 detik (*European Federation of National Trade Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Products*).

b. *V-Funnel Test*

Pengujian *V-Funnel Test* bertujuan untuk mengetahui kemampuan adonan beton segar SCC mengisi ruang (*filling ability*). Alat uji berupa corong besi berbentuk V dan dibagian bawah terdapat celah terbuka yang dapat dibuka dan ditutup. Dibawah corong besi disediakan penampung untuk menampung beton segar yang nantinya akan mengalir ke bawah. Campuran beton segar SCC diisi secara penuh kedalam corong, kemudian biarkan selama satu menit lalu celah bagian bawah corong dibuka. Catat waktu total hingga seluruh campuran beton segar habis mengalir. Durasi beton segar SCC yang dibutuhkan untuk mengisi ruang adalah 6 – 12 detik (*European Federation Of National Trade Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Products*).

c. *L-Box Test*

Pengujian *L-Box test* bertujuan untuk mengetahui karakteristik material terhadap *flowability blocking* dan segregasi dalam melewati tulangan. Bagian siku alat *L-Box* ditutup dengan penutup besi, kemudian tuangkan adonan beton secara vertikal. Setelah penuh buka penutup besi di bagian siku dan biarkan beton mengalir mengisi *L-Box* secara horizontal. Catat perbedaan ketinggian adonan beton di dalam alat *L-Box*. Perbandingan ketinggian dalam pengujian *L-Box* adalah  $h_2/h_1 \geq 0,8$  (*European Federation Of National Trade Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Products*).

d. *J-Ring Test*

Pengujian *J-Ring test* digunakan untuk mengetahui kemampuan *passing ability* beton segar SCC. Alat uji berupa lingkaran tulangan baja terbuka dengan tulangan baja vertikal. Lingkaran tulangan baja tersebut



dikombinasikan dengan peralatan *slump flow test* T50 sehingga dalam satu alat dapat digunakan untuk mengukur *filling ability* dan *passing ability*. Pengujian *J-Ring* digunakan untuk mengetahui luas aliran oleh beton segar SCC dalam melewati hambatan (tulangan). Luas aliran berdiameter 500 mm dalam rentang waktu 2-5 detik, sementara diameter akhir pada pengujian *J-Ring*  $\pm 10$  mm. Batas – batas dari pengujian *fresh properties* yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.10.

Tabel 3.10 Batas-batas sifat beton segar (EFNARC,2002)

| Parameter                                 | Kisaran     |
|---|-------------|
| T <sub>50 cm</sub>                        | 2 – 5 sec   |
| <i>V-Funnel</i>                           | 6 – 12 sec  |
| <i>L-Box, H<sub>2</sub>/H<sub>1</sub></i> | $\geq 0,8$  |
| Diameter aliran <i>J-Ring</i>             | $\pm 10$ mm |

#### F. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat pada benda uji silinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) sampai hancur. Dalam standar pengujian kuat tekan digunakan SNI 03- 6805 – 2002 dan ASTM C 39/C 39M-04a , sedangkan pengujian kuat tekan beton, benda uji berupa silinder beton berdiameter 15 cm dan tingginya 30 cm ditekan dengan beban P sampai runtuh. Karena ada beban tekan P, maka terjadi tegangan tekan pada beton ( $\sigma_c$ ) sebesar beban (P) dibagi dengan luas penampang beton (A), sehingga dirumuskan :

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A} \cdot \text{kg/cm}^2 \quad (3.7)$$

dengan :

P = Beban maksimum (kg), dan A = Luas penampang (cm<sup>2</sup>).

Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan beton adalah sebagai berikut ini.

### 1. Umur Beton

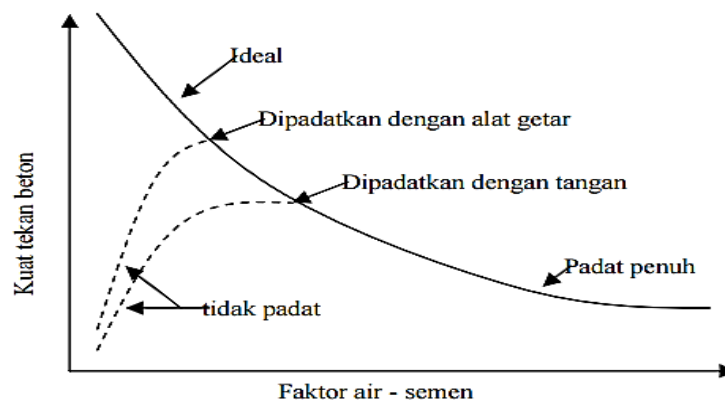
Kuat tekan beton akan bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton. Beton termasuk bahan yang sangat awet, maka sebagai standar kuat tekan beton ditetapkan waktu beton berumur 28 hari. Menurut PBI-1971, hubungan antara umur dan kekuatan tekan beton dapat dilihat pada Tabel 3.11.

Tabel 3.11 Hubungan antara umur dan kuat tekan beton (PBI-1971)

| Umur (Hari) | Kuat Tekan Beton (%) |
|-------------|----------------------|
| 3           | 40                   |
| 7           | 65                   |
| 14          | 88                   |
| 21          | 95                   |
| 28          | 100                  |
| 90          | 120                  |
| 365         | 135                  |

### 2. Faktor Air Semen

Jumlah air untuk campuran beton pada umumnya dihitung berdasarkan nilai perbandingan antara berat air dan berat semen *portland* pada campuran adukan, dan pada peraturan beton Indonesia (PBI-1971) dikenal dengan istilah faktor air semen yang disingkat dengan FAS, sedangkan peraturan pengganti (SNI 03-2847-2002) disebut rasio air semen yang disingkat dengan ras, atau *water cement ratio* (wer). Umumnya makin besar nilai FAS, makin besar pula jumlah air yang digunakan pada campuran beton, berarti adukan beton makin encer dan mutu beton akan makin turun/rendah, sebaliknya makin kecil nilai FAS, makin tinggi kuat tekan beton yang dihasilkan. Hubungan antara nilai FAS dan kuat tekan beton yang dihasilkan pada adukan dapat dilukiskan seperti Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Hubungan antara faktor air semen dan kuat tekan silinder beton (SNI 03-2847-2002)

### 3. Jumlah dan Jenis Semen

Jumlah semen dalam adonan beton berpengaruh terhadap kekuatan beton sendiri. Jumlah semen yang terlalu sedikit berarti jumlah air juga sedikit sehingga adukan beton sulit dipadatkan yang mengakibatkan kuat tekan beton rendah, namun sebaliknya jika jumlah semen berlebihan berarti jumlah air juga berlebihan sehingga beton mengandung banyak pori yang mengakibatkan kuat tekan beton rendah, apabila nilai *slump* (FAS berubah), beton dengan kandungan semen lebih banyak mempunyai kuat tekan yang lebih tinggi.

Jenis semen juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Semen *portland* yang dipakai untuk struktur harus mempunyai kualitas tertentu yang telah ditetapkan agar dapat berfungsi secara efektif. Seperti contoh, jenis *portland* semen terdapat 5 jenis yaitu : I, II, III, IV, V.

### 4. Sifat Agregat

Pengaruh dari sifat agregat terhadap kekuatan beton ialah dilihat dari kekasaran permukaan dan ukuran maksimumnya. Kekasaran permukaan berpengaruh terhadap bentuk kurva tegangan-regangan tekan dan terhadap kekuatan betonnya, akan tetapi bila adukan beton nilai *slump* nya sama besar, pengaruh tersebut tidak tampak karena agregat yang permukaannya halus memerlukan air lebih sedikit, berarti FAS nya rendah yang menghasilkan kuat tekan beton lebih tinggi. Dalam pemakaian ukuran butir agregat yang lebih besar membutuhkan jumlah

pasta yang lebih sedikit, berarti pori-pori beton juga sedikit sehingga kuat tekannya lebih tinggi, tetapi daya lekat antara permukaan agregat dan pastanya kurang kuat sehingga kuat tekan betonnya menjadi rendah, oleh karena itu pada beton kuat tekan tinggi dianjurkan memakai agregat dengan ukuran besar butir maksimum 20 mm.

#### 5. Bahan Tambah

Bahan tambah (*additive*) ditambahkan pada saat pengadukan dilaksanakan. Bahan tambah (*additive*) lebih banyak digunakan untuk penyemenan (*cementitious*), jadi digunakan untuk perbaikan kinerja. Menurut standar ASTM C 494/C494M – 05a, jenis bahan tambah kimia dibedakan menjadi tujuh tipe, yaitu seperti yang berikut ini.

- 1) *Water reducing admixture*
- 2) *Retarding admixture*
- 3) *Accelerating admixture*
- 4) *Water reducing and retarding admixture*
- 5) *Water reducing and accelerating admixture*
- 6) *Water reducing and high range admixture*
- 7) *Water reducing, high range, and retarding admixture*