

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Beton merupakan salah satu bahan dasar yang umumnya digunakan dalam membangun suatu bangunan seperti bangunan gedung, jalan raya, jembatan, bendungan dan lain-lain. Berdasarkan SNI 2847:2013, beton merupakan campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*). Beton akan semakin mengeras seiring bertambahnya umur beton dan kemudian mencapai kekuatan yang telah direncanakan pada umur 28 hari.

Beton memiliki kuat tekan yang tinggi tetapi lemah terhadap kuat tarik. Kekuatan beton dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya adalah fas, jenis semen, gradasi agregat, sifat agregat, pengerjaan (pencampuran, pemadatan dan perawatan), umur beton, serta bahan kimia tambahan (*admixture*) (Trinugroho et al, 2012).

3.2 Material Penyusun Beton

Beton pada umumnya terbuat dari semen portland, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil) dan air. Berikut uraian mengenai material-material penyusun beton :

3.2.1 Semen *Portland*

Semen *portland* adalah salah satu material yang digunakan dalam membuat beton. Bahan penyusun utama semen adalah kapur. Semen merupakan bahan pengikat yang sangat penting dalam adukan beton, karakteristik mengikat pada semen terjadi ketika semen sudah bercampur dengan air dan kemudian mengikat agregat kasar dan agregat halus yang dicampur bersamaan.

Menurut ASTM C-150, 1985, semen *portland* didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling *klinker* yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Menurut SNI 15-2049-2004, semen portland dibedakan menjadi 5 jenis/tipe, yaitu:

1. Semen *Portland* tipe I, yaitu semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Semen *Portland* tipe II, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap *sulfat* atau kalor *hidrasi* sedang.
3. Semen *Portland* tipe III, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Semen *Portland* tipe IV, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya membutuhkan kalor hidrasi rendah.

5. Semen *Portland* tipe V, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap *sulfat*.

Berikut adalah persamaan kimia untuk proses hidrasi yang terjadi pada semen portland :



$\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ (*tobermorite*) yang berbentuk gel merupakan hasil utama dari hidrasi semen. Selain $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ (*tobermorite*), terdapat pula beberapa hasil lain dari proses hidrasi semen berupa kapur bebas $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Kapur bebas ini dapat melemahkan beton dalam jangka waktu yang panjang karena dapat bereaksi dengan zat asam maupun sulfat yang berada di lingkungan sekitar beton yang menyebabkan beton menjadi korosi.

3.2.2 Agregat

Agregat dalam adukan beton berfungsi sebagai *filler*, yaitu pengisi rongga-rongga yang terdapat dalam adukan beton. Terdapat 2 jenis agregat dalam adukan beton, yaitu agregat halus (pasir) dan agregat kasar (*split*). Berikut adalah uraian mengenai agregat halus dan agregat kasar :

A. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam adukan beton pada umumnya adalah pasir alam atau pasir buatan yang berasal dari pemecahan batu. Umumnya pasir yang digali dari sungai cocok untuk pembuatan beton dengan diameter antara 0-5 mm (Apriyanto, 2009). Agregat halus berdasarkan gradasinya dikategorikan seperti pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Batas-batas Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Berat butir yang lewat ayakan dalam persen			
	Kasar	Agak Kasar	Agak Halus	Halus
10	100	100	100	100
4.8	90-100	90-100	90-100	95-100
2.4	60-95	75-100	85-100	95-100
1.2	30-70	55-90	75-100	90-100
0.6	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber : Tjokrodimuljo, 2007

B. Agregat Kasar

Menurut SK SNI T-15-1991-03, agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi 'alami' dan buatan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industry pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5-40 mm. Menurut Tjokrodimuljo (2007) agregat kasar dibedakan menjadi 3 berdasarkan jenisnya, yaitu sebagai berikut :

a. Agregat normal

Agregat normal adalah agregat yang memiliki berat jenis antara 2,5-2,7 gram/cm³. Agregat ini biasanya berasal dari granit, basal, kuarsa dan lain sebagainya. Beton yang dihasilkan umumnya memiliki berat 2,3 gram/cm³ dan biasanya disebut beton non-serat.

b. Agregat berat

Agregat berat adalah agregat yang berat jenisnya lebih dari 2,8 gram/cm³, misalnya *magnetit* (Fe₃O₄), *barites* (BaSO₄) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis yang tinggi yaitu sampai dengan 5 gram/cm³ yang digunakan sebagai dinding pelindung atau radiasi sinar X.

c. Agregat Ringan

Agregat ringan adalah agregat yang berat jenisnya kurang dari 2 gram/cm³ misalnya tanah bakar (*bloated clay*), abu terbang (*fly ash*), busa terak tanur tinggi (*foamed blast furnace slag*). Agregat ini biasanya digunakan untuk beton ringan yang biasanya dipakai untuk elemen non-struktural.

3.2.3 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton (Zai, 2014). Penggunaan air yang terlalu banyak dalam adukan beton dapat mengakibatkan *bleeding* pada beton yang akan menurunkan kekuatan beton. *Bleeding* adalah keadaan dimana air dalam adukan beton terlalu banyak kemudian air naik ke permukaan beton.

3.3 Beton Serat

Beton serat merupakan beton yang menggunakan bahan tambah berupa serat. Serat yang digunakan dapat dibuat dari berbagai jenis bahan antara lain kawat, plastik, limbah kain dan bambu (Suhardiman, 2011).

Menurut Suhardiman (2011), pada beton serat ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu :

1. Keleccakan adukan beton

Keleccakan adukan sangat berpengaruh pada *workability* adukan beton segar. Penambahan serat pada adukan beton akan menurunkan keleccakan campuran, yang dipengaruhi oleh :

- a. Aspek rasio serat

Aspek rasio serat adalah nilai banding antara panjang dengan diameter serat. Aspek rasio serat yang tinggi menyebabkan kecenderungan serat menggumpal dan sulit menyebar merata.

- b. Prosen jumlah serat yang ditambahkan pada adukan beton segar.

Semakin tinggi prosentase jumlah serat, semakin berkurang nilai keleccakan dan *workability*.

2. Teknik pencampuran serat.

Teknik pencampuran serat merupakan teknik dan upaya pencampuran agar serat dapat tersebar merata. Salah satu cara agar serat tersebar merata adalah dengan memperkecil ukuran maksimum agregat.

3.4 Tulangan

Tulangan adalah batang baja yang berbentuk polos atau deform atau pipa yang berfungsi untuk menahan gaya tarik pada komponen struktur. Tulangan polos adalah batang baja yang permukaan sisi luarnya rata tidak bersirip atau berukir. Sedangkan tulangan deform adalah batang baja yang permukaan sisi luarnya tidak rata, tetapi bersirip atau berukir (SK SNI T-15-1991-03). Tulangan baja polos biasa disingkat BjTP. Sedangkan tulangan baja deform atau ulir biasa disingkat BjTS.

3.5 Beton Bertulang

Beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan dengan atau tanpa prategang dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja (SK SNI T-15-1991-03). Beton bertulang terdiri dari beton dan tulangan baja. Beton berfungsi untuk menahan kuat tekan yang terjadi pada beton bertulang. Sedangkan tulangan baja berfungsi untuk menahan kuat tarik yang terjadi pada beton bertulang.

3.6 Self Compacting Concrete (SCC)

Self Compacting Concrete atau (SCC) adalah beton segar yang sangat plastis dan mudah mengalir karena berat sendirinya mengisi keseluruhan cetakan yang dikarenakan beton tersebut memiliki sifat-sifat untuk memadat sendiri, tanpa adanya bantuan alat penggetar (Tjaronge et al, 2014). SCC mempunyai *flowability*

yang tinggi sehingga mampu mengalir, memenuhi bekisting, dan mencapai kepadatan tertingginya sendiri (Mulyanto, 2015).

Berikut adalah beberapa keuntungan dalam menggunakan *self compacting concrete* :

1. Mengurangi durasi proyek dan upah pekerja.
2. Mengurangi kebisingan.
3. Meningkatkan kepadatan karena dapat menjangkau tempat yang sulit dijangkau *vibrator*.
4. Meningkatkan kualitas beton.

Workability dari campuran beton yang baik pada *Self Compacting Concrete* (SCC) adalah mampu memenuhi kriteria berikut (EFNARC, 2002) :

- a. *Filling ability*, kemampuan campuran beton untuk mengisi ruangan.
- b. *Passing ability*, kemampuan campuran beton untuk melewati struktur ruangan yang rapat.
- c. *Segregation resistance*, ketahanan campuran beton segar terhadap efek segregasi.

3.7 Viscocrete 1003

Menurut PT. Sika Indonesia (2013), Sika Viscocrete 1003 merupakan *superplasticiser* generasi ketiga untuk beton dan mortar. Penggunaan sika viscocrete dalam *self compacting concrete* sekitar 0.6 – 2.0 % dari berat bahan yang bersifat mengikat. Sika Viscocrete 1003 digunakan untuk beberapa tipe beton seperti berikut :

- a. Beton dengan *flowability* tinggi.
- b. *Self compacting concrete*.
- c. Beton dengan reduksi air yang sangat tinggi (hingga 30%).
- d. Beton mutu tinggi.

3.8 Serat Polypropylene

Serat Polypropylene merupakan bahan dasar yang umum digunakan dalam memproduksi bahan – bahan yang terbuat dari plastik. Pertama kali fiber digunakan dalam industri tekstil karena harganya murah dan dapat menghasilkan produk yang berkualitas (Kartini, 2007). Serat *polypropylene* sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari seperti plastik pembungkus makanan ringan, karung beras, tali rafia dan lain-lain. Serat *polypropylene* mempunyai sifat tahan terhadap serangan kimia, permukaannya tidak basah sehingga mencegah terjadinya penggumpalan serat selama pengadukan (Gunawan, 2014).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Dina (1999), ada beberapa keuntungan penggunaan serat *polypropylene* dalam campuran beton, adalah sebagai berikut :

1. Memperbaiki daya ikat matriks beton pada saat pre – hardening stage sehingga dapat mengurangi keretakan akibat penyusutan.
2. Memperbaiki ketahanan terhadap kikisan
3. Memperbaiki ketahanan terhadap tumbukan
4. Memperbaiki ketahanan terhadap penembusan air dan bahan kimia
5. Memperbaiki keawetan beton.

3.9 Silica Fume

Silica fume merupakan material pozzolan yang halus, dimana komposisi silika lebih banyak dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi silikon dan *alloy* besi silikon (dikenal sebagai gabungan antaramicrosilica dengan *silica fume*) (zai, 2014). Dalam penggunaannya, *silica fume* berfungsi sebagai pengganti sebagian dari jumlah semen dalam campuran beton, yaitu sebanyak 5%-15% dari total berat semen (zai, 2014).

Ditinjau dari sifat mekaniknya, secara geometris *silica fume* mengisi rongga-rongga diantara bahan semen, dan mengakibatkan diameter pori mengecil serta total volume pori juga berkurang. Sedangkan dari sifat kimianya, *silica fume* memiliki reaksi yang bersifat *pozzolan* yang bereaksi terhadap batu kapur yang dilepas semen (Kusumo, 2013). Karena kandungan SiO₂ yang cukup tinggi, hidrasi air dan semen akan menghasilkan Ca(OH)₂ yaitu bahan yang mudah larut dalam air. Kalsium hidroksida Ca(OH)₂ ini bereaksi dengan silika oksida (SiO₂) membentuk kalsium silikat hidrat, dimana C-S-H ini mempengaruhi kekerasan beton (Asmara, 2016).

3.10 Pengujian Beton Segar

Beton segar perlu diuji untuk mengetahui sifat campuran beton segar yang sudah dibuat. Untuk *self compacting concrete* harus memenuhi beberapa syarat uji beton segar sehingga adukan beton tersebut bisa disebut *self compacting concrete*. Pengujian-pengujian untuk beton segar jenis *self compacting concrete* adalah sebagai berikut :

1. *Flow ability/filling ability* dengan metode *Slump-Flow Test*,
2. *Viscosity* dengan metode *T₅₀₀Slump-Flow Test*,
3. *Passing ability* dengan alat ukur *L-Shaped Box*,
4. *Segregation resistance* dengan alat ukur *V-Funnel*. (EFNARC, 2005)

3.10.1 *Slump Flow Test*

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 yang dinyatakan dengan besaran diameter yaitu antara 60 cm – 75 cm (Asmara, 2016). Berikut adalah kriteria umum yang dipakai dalam penentuan awal workabilitas *self compacting concrete* berdasarkan tipe konstruksinya :

1. Untuk konstruksi vertikal, disarankan menggunakan *slump flow* antara 65 cm – 70 cm.
2. Untuk konstruksi horizontal, disarankan menggunakan *slump flow* antara 60 cm – 65 cm (Silitonga, 2011)

3.10.2 *L-Shaped Box*

Pengujian *L-Shaped box* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan beton dalam melewati ruang-ruang diantara tulangan-tulangan baja (*passing ability*). Pengujian *L-Shaped box* dilakukan dengan menggunakan box berbentuk L yang diberi penyekat dan 3 tulangan. Tulangan tersebut berfungsi

untuk mengetahui *passing ability* beton. Berdasarkan EFNARC 2005, nilai *passing ability* di perhitungkan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$PA = \frac{H_2}{H_1} \quad (3-1)$$

Dengan,

H_1 = ketinggian *self-compacting concrete* pada bagian vertikal

H_2 = ketinggian *self-compacting concrete* pada bagian horizontal

3.10.3 V-Funnel

Pengujian v-funnel dilakukan untuk mengetahui *viscosity* dan *filling ability* dari *Self compacting concrete* (EFNARC, 2005). Cara kerja alat *V-Funnel* seperti tercantum di bawah ini.

- a. Penutup bagian bawah ditutup.
- b. Campuran beton segar diisikan pada *V-Funnel* sampai jenuh.
- c. Penutup bagian bawah dibuka sehingga campuran beton segar mengalir.
- d. Catat lama waktu beton mengalir hingga *V-Funnel* kosong. (Asmara, 2016)

3.11 Pengujian Kuat Tekan

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 (SNI 03-1974-1990). Berdasarkan SNI 03-1974-1990 mengenai metode pengujian kuat tekan beton, kuat tekan beton dapat digitung dengan rumus sebagai berikut :