

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton Mutu Tinggi

Sesuai dengan perkembangan teknologi beton yang demikian pesat, ternyata kriteria beton mutu tinggi juga selalu berubah sesuai dengan kemajuan tingkat mutu yang berhasil dicapai. Pada tahun 1950an, beton dengan kuat tekan 30 MPa sudah dikategorikan sebagai beton mutu tinggi. Pada tahun 1960an hingga awal 1970an, kriterianya lebih lazim menjadi 40 MPa. Saat ini, disebut mutu tinggi untuk kuat tekan diatas 50 MPa, dan 80 MPa sebagai beton mutu sangat tinggi, sedangkan 120 MPa bisa dikategorikan sebagai beton bermutu *ultra* tinggi (Supartono, 1998).

Beton mutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan beton normal biasa. Menurut PD T-04-2004-C tentang Tata Cara Pembuatan dan Pelaksanaan Beton Berkekuatan Tinggi, yang tergolong beton bermutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan antara 40 – 80 MPa. Beton mutu tinggi (*high strength concrete*) yang tercantum dalam SNI 03-6468-2000 didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kuat tekan yang disyaratkan lebih besar sama dengan 41,4 MPa.

Beton mutu tinggi bermanfaat pada pracetak dan pratekan. Pada bangunan tinggi mengurangi beban mati. Kelemahannya adalah kegetasannya. Produksi beton mutu tinggi memerlukan pemasok untuk mengoptimalkan 3 aspek yang

mempengaruhi kekuatan beton : pasta semen, agregat, dan lekatan semen-agregat. Ini perlu perhatian pada semua aspek produksi, yaitu pemilihan material, *mix design*, penanganan dan penuangan. Kontrol kualitas adalah bagian yang penting dan memerlukan kerja sama penuh antara pemasok, perencana dan kontraktor. (Paul Nugraha & Antoni, 2007).

3.2 Material Penyusun Beton Mutu Tinggi

Material penyusun pada beton mutu tinggi dengan campuran *silica fume* dan *viscocrete-10* dengan silika pasir sebagai agregat halus ini tidak berbeda dengan material penyusun beton pada umumnya, yaitu terdiri dari semen, agregat kasar, agregat halus, dan air. Semua bahan-bahan diatas mempunyai karakteristik yang berbeda. Berikut karaterisitik dari setiap bahan yang akan digunakan.

3.2.1 Semen Portland

Semen portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan pembuatan beton. 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 banyak kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker, terutama yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambah (PUBI, 1982). Semen

merupakan bahan perekat yang berfungsi mengikat antara agregat kasar dan agregat halus yang dicampurkan dengan air hingga membentuk suatu massa yang padat dan mengisi rongga-rongga di antara agregat.

Menurut ASTM maupun Standart Nasional Indonesia (SNI) semen dibagi menjadi 5 jenis, yaitu:

a. Tipe I (*Ordinary Portland Cement*)

Semen portland tipe I merupakan jenis semen yang umum digunakan untuk berbagai jenis pekerjaan konstruksi yang mana tidak terkena efek sulfat pada tanah atau berada di bawah air.

b. Tipe II (*Modified Cement*)

Semen portland tipe II merupakan semen dengan panas hidrasi sedang atau di bawah semen portland tipe I serta tahan terhadap sulfat. Semen ini cocok digunakan untuk daerah yang memiliki cuaca dengan suhu yang cukup tinggi serta pada struktur drainase.

c. Tipe III (*Rapid-Hardening Portland Cement*)

Semen portland tipe III memberikan kuat tekan awal yang tinggi. Penggunaan tipe III ini jika cetakan akan segera dibuka untuk penggunaan berikutnya atau kekuatan yang diperlukan untuk konstruksi lebih lanjut. Semen tipe III ini hendaknya tidak digunakan untuk konstruksi beton massal atau dalam skala besar karena tinggi panas yang dihasilkan dari reaksi beton tersebut.

d. Tipe IV (*Low-Heat Portland Cement*)

Semen portland tipe IV digunakan jika pada kondisi panas yang dihasilkan reaksi beton harus diminimalisasi. Namun peningkatan kekuatan lebih lama dibandingkan semen tipe lainnya tetapi tidak mempengaruhi kuat akhir.

e. Tipe V (*Sulphate-Resisting Cement*)

Semen portland tipe V digunakan hanya pada beton yang berhubungan langsung dengan sulfat, biasanya pada tanah atau air tanah yang memiliki kadar sulfat yang cukup tinggi.

Semen tidak dapat bereaksi tanpa adanya air sebagai pereaksinya. Menurut Tjokrodimuljo (1992), Semen dan air termasuk dalam bahan perekat dimana setelah dicampurkan mengalami reaksi kimia menjadi pasta dan dalam beberapa jam mulai merekat dan dalam beberapa hari menjadi keras.

3.2.2 Agregat Halus (Pasir Silika)

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton dan menempati kira-kira 70% dari volume beton agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton atau mortar, sehingga dalam pemilihan agregat merupakan suatu bagian yang penting dalam pertumbuhan beton atau mortar (Tjokrodimuljo, 1992).

Pasir silika dipilih karena kandungan silika (SiO_2) pada pasir silika lebih tinggi dibandingkan pasir pada biasanya. Karena silika (SiO_2) akan bereaksi dengan kapur bebas yang ada pada mortar beton. Hal ini dapat meningkatkan mutu beton yang akan dibuat.

Menurut SK SNI T-15-1990-03, kekasaran pasir dibedakan menjadi 4 kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir kasar, pasir agak kasar pasir agak halus, dan pasir halus. Penjelasan lebih lengkap dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Batas-batas Gradasi Untuk Agregat Halus (Pasir)

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir Yang Lewat			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
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 : SK SNI T-15-1990-03

Keterangan: - Daerah I : Pasir kasar
 - Daerah II : Pasir agak kasar
 - Daerah III : Pasir agak halus
 - Daerah IV : Pasir halus

3.2.3 Air

Air adalah bahan yang diperlukan pada campuran beton agar bereaksi dengan semen dan menjadi pelumas antara butir-butir agregat sehingga mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air yang dibutuhkan untuk mereaksikan semen hanya sekitar 30% dari berat semen (Tjokodimuljo, 1992).

Syarat air yang baik untuk dapat direaksikan dalam pembuatan beton menurut PUBLI 1982 adalah :

1. air harus bersih,
2. tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat oleh mata,

3. tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gr/lt,
4. tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan merusak beton lebih dari 5 gr/lt.

3.2.4 Silica Fume

Menurut standar *Spesification for Silica Fume for Use in Hydaulic Cemen Concrete and Mortar* (ASTM-C618-86), *silica fume* merupakan bahan yang mengandung SiO_2 lebih besar dari 85% dan merupakan bahan yang sangat halus berbentuk bulat dan berdiameter 1/100 diameter semen (Kusumo, 2013). 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 SiO_2 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 *silica oksida* (SiO_2) membentuk kalsium silikat hidrat, dimana C-S-H ini mempengaruhi kekerasan beton.

Penambahan *silica fume* ke dalam campuran beton juga berpengaruh terhadap nilai *slump* dari mortar. Semakin banyak *silica fume* yang dicampurkan maka nilai *slump* dari campuran beton akan semakin turun.

3.2.5 Sika Viscocrete-1003

Sika *Viscocrete-1003* merupakan *superplastizicer* berwarna putih kecoklatanyang sangat kuat bekerja dengan berbagai mekanisme yang berbeda. *Superplastizicer* ini cocok digunakan untuk campuran beton yang membutuhkan waktu transportasi lama dan kelecakan (*workability*) lama. Kebutuhan pengurangan air yang sangat tinggi dan kemudahan mengalir (*flowability*) yang sangat baik. (PT. Sika Indonesia)

Aplikasi dan kelebihan Sika *Viscocrete-1003* :

a. Aplikasi Sika Viscocrete-1003

1. Beton dengan kebutuhan pengurangan air dalam jumlah besar (hingga 30%).
2. Beton dengan kemampuan tinggi.
3. Beton dalam cuaca panas yang membutuhkan waktu transportasi dan kelecakan dalam waktu panjang.
4. Beton kedap air (*Watertight Concrete*).
5. Beton *Readymix* (Beton siap pakai).
6. Beton Memadat Sendiri (*Self Compacting Concrete/SCC*).
7. Beton berkekuatan tinggi.
8. Beton dengan volume besar (*Mass Concrete*) .

b. Kelebihan Sika Viscocrete-1003

1. Pengurangan air dalam jumlah besar menghasilkan kepadatan beton yang tinggi, beton mutu tinggi dan mengurangi permeabilitas.

2. Efek *plastizing* (pengurangan air) yang sangat baik menghasilkan kelecakan yang lebih baik, kemudahan pengecoran dan pematatan. Sehingga sangat cocok di gunakan untuk beton yang memadat dengan sendirinya (*self compacting concrete*).
3. Mengurangi penyusutan dan keretakan.
4. Mengurangi karbonasi.
5. Meningkatkan sifat kedap air.

3.3 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan kekuatan beton untuk menerima beban tiap satuan luas. Kuat tekan beton mencerminkan dari mutu beton tersebut, semakin tinggi mutu maka kuat tekan beton akan semakin besar. (Mulyono, 2004)

Berdasarkan SNI 03-1974-1990 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.

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

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (3 - 1)$$

Keterangan :

- f'_c = Kuat tekan beton (MPa)
 P = Beban tekan (N)
 A = Luas penampang benda uji (mm²)

Beton akan mempunyai kuat tekan yang tinggi jika tersusun dari bahan lokal yang berkualitas baik. Bahan penyusun beton yang perlu mendapat perhatian

adalah agregat, karena agregat mencapai 70-75% volume beton (Dipohusodo, 1996). Oleh karena kekuatan agregat sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton, maka hal-hal yang perlu diperhatikan pada agregat adalah:

- a. permukaan dan bentuk agregat,
- b. gradasi agregat, dan
- c. ukuran maksimum agregat.

3.4 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan nilai perbandingan antara tegangan dan regangan. Rumus yang digunakan untuk mencari nilai modulus elastisitas beton adalah:

$$E = \frac{f}{\varepsilon} \quad (3 - 2)$$

Keterangan :

- E = Modulus elastisitas beton (MPa)
 f = Tegangan (MPa)
 ε = Regangan (MPa)

3.5 Kadar Penyerapan Air

Kadar penyerapan air merupakan persentase penyerapan air dalam beton. Beton dengan menggunakan bahan tambah yang membuat volume mortar menjadi mengembang sehingga menimbulkan pori-pori pada beton akan mengalami permasalahan pada kadar penyerapan air. Pada pengujian kadar penyerapan air maka dapat dihitung berdasarkan :

$$\text{Kadar Penyerapan Beton} = \frac{W_b - W_k}{W_k} \times 100\% \quad (3 - 3)$$

Keterangan :

W_b = Berat beton SSD (Kg)

W_k = Berat beton kering oven (Kg)

Menurut SNI 03-2914-1992 , beton kedap air harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

1. Beton kedap air normal bila diuji dengan cara perendaman dengan air selama 10 + 0,5 menit , resapan maksimum 2,5% terhadap berat air beton kering oven. Selama perendaman 24 jam, resapan maksimum 6,5% terhadap berat beton kering oven.
2. Beton kedap air agresif, bila diuji dengan tekanan air, maka tembusnya air kedalam beton tidak melampaui yaitu batas agresif sedang : 50 mm dan agresif kuat : 30 mm.

3.6 Pengujian Porositas

Pengujian porositas dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui besarnya porositas pada benda uji. Semakin besar porositas pada benda uji maka semakin rendah kekuatannya. Pengujian porositas dilakukan dengan menggunakan benda uji berbentuk silinder.

Porositas dari benda uji diperoleh dengan menggunakan rumus :

$$Porositas = \frac{M_b - M_k}{V_b} \times \frac{1}{\rho_{air}} \times 100\% \quad (3 - 4)$$

Keterangan :

M_b = Massa benda uji dalam keadaan basah (gram)

M_k = Massa benda uji dalam keadaan kering (gram)

ρ_{air} = massa jenis air (1 gr/cm³)

V_b = Volume benda uji (cm³)