

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tinjauan Umum

Beton serat adalah bahan komposit yang dibuat dari bahan semen hidrolis, agregat halus atau campuran agregat halus dan agregat kasar ditambah dengan sejumlah serat yang disebarkan secara acak (*ACI Commitee 544, 1984* dalam Suryanto, 2000). Beton mempunyai tiga sifat penting yaitu kemudahan pelaksanaan (*workability*), kekuatan (*strength*) dan ketahanan (*durability*). Kekuatan beton terletak pada daerah tekannya dimana beton dapat menahan tegangan tekan yang besar atau dikatakan beton mempunyai kualitas tinggi. Kuat tekan yang tinggi dari beton tidak diimbangi dengan kuat tariknya. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah dari kuat tekannya.

3.2 Komposisi Beton

Dalam SK-SNI. S-04-1989-F (dalam Tjokrodinuljo, 1996) beton didefinisikan sebagai campuran antar semen Portland atau semen hidrolis lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan membentuk massa yang padat.

1. Semen Portland

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

Menurut SII 0031-81 (dalam Tjokrodimuljo, 1996) semen *Portland* dibagi menjadi 5 jenis sebagai berikut:

Jenis I : Semen untuk penggunaan umum tidak memerlukan persyaratan khusus

Jenis II : Semen untuk beton tahan sulfat dan mempunyai hidrasi sedang

Jenis III : Semen untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras)

Jenis IV : Semen untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah

Jenis V : Semen untuk beton yang tahan terhadap sulfat

Jenis-jenis semen tersebut mempunyai laju kenaikan kekuatan yang berbeda. Fungsi semen adalah untuk merekatkan butiran-butiran agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat, walaupun semen hanya kira-kira mengisi 10%-30% dari volume beton (Tjokrodimuljo, 1996).

Kandungan silikat dan aluminat pada semen merupakan unsur utama pembentuk semen yang mana apabila bereaksi dengan air akan menjadi media perekat. Media perekat ini kemudian akan memadat dan membentuk massa yang keras. Proses hidrasi terjadi bila semen bersentuhan dengan air. Proses ini berlangsung 2 arah yakni keluar dan kedalam, maksudnya hasil hidrasi mengendap di bagian luar dan inti semen yang belum terhidrasi di bagian dalam secara bertahap terhidrasi (Tjokrodimuljo, 1996)

Jumlah kandungan semen berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Jika terjadi faktor air semen sama (nilai slam berubah) beton dengan jumlah kandungan semen tertentu mempunyai kuat tekan tertinggi. Pada jumlah semen terlalu sedikit berarti jumlah air juga sedikit sehingga adukan beton sulit dipadatkan sehingga kuat tekan beton rendah. Namun jika jumlah semen berlebihan berarti jumlah air juga berlebihan sehingga beton mengandung banyak pori dan akibatnya kuat tekan beton rendah.

Jika nilai slam sama (nilai faktor air semen berubah) beton dengan kandungan semen lebih banyak mempunyai kuat tekan lebih tinggi. Hal ini karena pada nilai slam sama jumlah air hampir sama sehingga penambahan semen berarti pengurangan nilai faktor air semen yang berakibat penambahan kuat tekan beton.

2. Air

Tujuan utama dari penggunaan air adalah agar terjadi proses hidrasi yakni reaksi kimia antara semen dan air yang menyebabkan campuran ini menjadi keras setelah melewati beberapa waktu tertentu.

Pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi syarat air sebagai berikut: (Tjokrodimuljo, 1996)

- a. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gr/liter.
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gr/liter.
- c. Tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/liter.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/liter.

3. Agregat

Agregat adalah butiran alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat kira-kira menempati sebanyak 70 % volume mortar atau beton. Walaupun hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar/betonna, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar/beton (Tjokrodimuljo,1996)

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah didasarkan pada ukuran butiran-butirannya. Agregat halus adalah pasir alami sebagai hasil disintegrasi alami dari batu atau pasir yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir sebesar 5 mm. agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu antara 5 mm sampai 40 mm.

Agregat sebagai bahan konstruksi sebaiknya dipilih yang memenuhi persyaratan sebagai berikut: (PUBI,1982)

- a. Berbutir tajam, kuat dan bersudut.
- b. Bersih tidak mengandung tanah atau kotoran lain.
- c. Harus tidak mengandung garam yang menghisap air dari udara.
- d. Tidak mengandung zat-zat organis.
- e. Bergradasi baik.
- f. Bersifat kekal tidak hancur atau berubah karena cuaca.

Besar ukuran maksimum agregat mempengaruhi kuat tekan betonnya. Pada pemakaian ukuran butir agregat maksimum lebih besar memerlukan jumlah

pasta lebih sedikit untuk mengisi rongga-rongga antar butirnya, berarti sedikit pula pori-pori betonnya (karena pori-pori beton sebagian besar berada dalam pasta tidak dalam agregat) sehingga kuat tekannya lebih tinggi. Namun sebaliknya karena butir-butir agregatnya besar maka luas permukaannya menjadi lebih sempit sehingga lekatan antara permukaan agregat dan pastanya kurang kuat. Lagi pula karena butirannya besar menyebabkan sangat menghalangi susutan pastanya, sehingga retakan-retakan kecil pada pasta di sekitar agregat lebih mudah terjadi. Kedua hal ini terakhir ini mengakibatkan kuat tekan beton rendah. *ACI Committee 544* (dalam Rokman, 1998) mengisyaratkan agregat maksimum yang digunakan pada beton serat adalah $\frac{3}{4}$ "(19mm) untuk kemudahan adukan dan tersedia ruang bagi serat. Dengan alasan inilah maka pada beton kuat tekan tinggi dianjurkan memakai agregat dengan ukuran besar butir maksimal 20 mm.

3.3 Workabilitas Beton

Workabilitas merupakan tingkat kemudahan pengerjaan beton dalam pencampuran, penulangan, dan pematatannya. Dengan penambahan serat kedalam adukan beton akan menurunkan kelecakan adukan.

Menurut Sudarmoko, 1993 (dalam Situmorang, 2003) penambahan serat akan menurunkan kelecakan adukan dan sejalan dengan pertambahan aspek rasio serat (panjang serat dibagi diameter serat) dan konsentrasi serat. Jika tidak diatasi akan menyebabkan serat cenderung menggumpal menjadi bola (*balling effects*). Penurunan tersebut dapat diatasi dengan pertambahan pasta semen. Semakin tinggi aspek rasio serat akan menyebabkan semakin sulit dalam pengadukan yang dinyatakan dengan nilai *slump* semakin rendah.

Penelitian Narayana dkk, 1983 (dalam Munir, 1996) menunjukkan bahwa konsentrasi serat optimal meningkatkan secara linier sejalan dengan peningkatan jumlah pasir, peningkatan faktor air semen pada adukan dengan agregat kasar tinggi akan menghasilkan penurunan konsentrasi serat optimal dan meningkatkan kemungkinan terjadinya gumpalan serat, meskipun mungkin kelecakan adukan akan meningkat. Selanjutnya, untuk mendapatkan hasil optimal, masalah yang perlu diperhatikan dalam penggunaan beton serat adalah penyebaran serat, kelecakan (*workability*) dan korosi pada seratnya. Penelitian menunjukkan bahwa peningkatan ukuran agregat akan mempersulit penyebaran serat secara seragam (Soroushian, 1987 dalam Situmorang, 2003).

3.4 Faktor Air Semen

Faktor air semen (*fas*) adalah perbandingan berat antara air dengan semen *portland* yang dipakai dalam pembuatan adukan berton. Nilai faktor air semen ini sangat berpengaruh kekuatan beton dan workabilitasnya. Nilai faktor air semen terlalu tinggi menyebabkan adukan beton mempunyai banyak pori-pori yang berisi air, setelah beton keras akan menjadi rongga, sehingga kekuatannya rendah. Sedangkan nilai faktor air semen yang rendah menyebabkan adukan beton sulit dipadatkan sehingga banyak rongga udara. Hal ini juga membuat beton yang dihasilkan berkualitas rendah dan adukan beton sulit dikerjakan.

Duff Abrams dalam Tjokrodimuljo (1996) mengusulkan hubungan factor air semen dengan kuat tekan beton secara umum sebagai berikut:

$$f'c = \frac{A}{B^{(1.5, x)}} \dots\dots\dots(3.1)$$

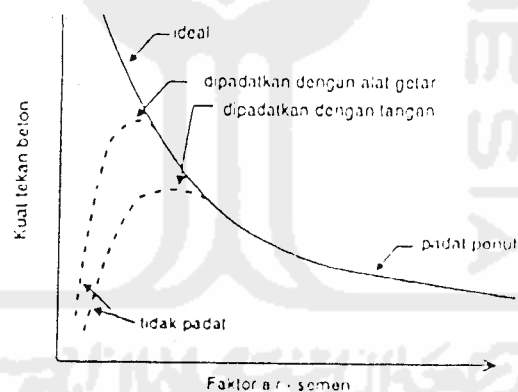
dengan : $f'c$ = kuat tekan beton

X = faktor air semen (dalam proporsi volume)

A, B = konstanta

Dari rumus diatas tampak bahwa semakin rendah nilai fas semakin tinggi kuat tekan betonnya, namun kenyataannya pada suatu nilai fas tertentu semakin rendah kuat fas kuat tekan betonnya semakin rendah pula. Hal ini karena jika fas terlalu rendah maka adukan beton sulit dipadatkan.

Menurut Neville, 1987 (dalam Suryanto) semen setelah bereaksi dengan air berfungsi sebagai perekat adalah sebagai pengisi rongga-rongga antar butir agregat. Untuk mendapatkan beton dengan kekuatan tinggi harus dipakai kadar semen yang tepat. Kekurangan jumlah semen menyebabkan fungsi semen sebagai perekat kurang maksimal sehingga lekatan antar butir agregat rendah.



Gambar 3.1 Hubungan fas dengan kuat tekan silinder (Tjokrodinuljo, 1996)

3.5 Kuat Tekan Beton dan Kuat Tarik Beton

Kekuatan tekan adalah nilai tekan maksimum yang dapat dipikul persatuan luas. Kuat tekan biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain antara

lain, artinya bila kuat tekannya tinggi/baik maka sifat-sifat lainnya juga baik
(Tjokrodimuljo, 1996)

$$f_c = P/A \dots\dots\dots(3.2)$$

dimana: f_c = kuat tekan beton yang terjadi (Mpa)

P = beban yang diberikan (N)

A = luas permukaan silinder beton (mm^2)

Pengujian kuat tarik beton dilakukan dengan uji tarik belah, dimana silinder beton diuji direbahkan pada alat uji dan diberi tekanan.

Kuat tarik beton didapat berdasarkan rumus:

$$f_t = \frac{2.P}{\pi.L.D} \dots\dots\dots(3.3)$$

dimana : f_t = kuat tarik belah (Mpa)

P = beban pada waktu belah (N)

L = panjang benda uji (mm)

D = diameter benda uji (mm)

Faktor-faktor yang sangat mempengaruhi kuat tekan beton adalah:

(Tjokrodimulyo, 1996)

1. Faktor Air Semen

Faktor air semen adalah perbandingan antara berat air dan berat semen dalam campuran beton.

2. Jenis Semen

Tiap jenis semen akan memberikan kuat tekan yang berbeda –beda jika digunakan dalam campuran adukan beton.

3. Jumlah semen

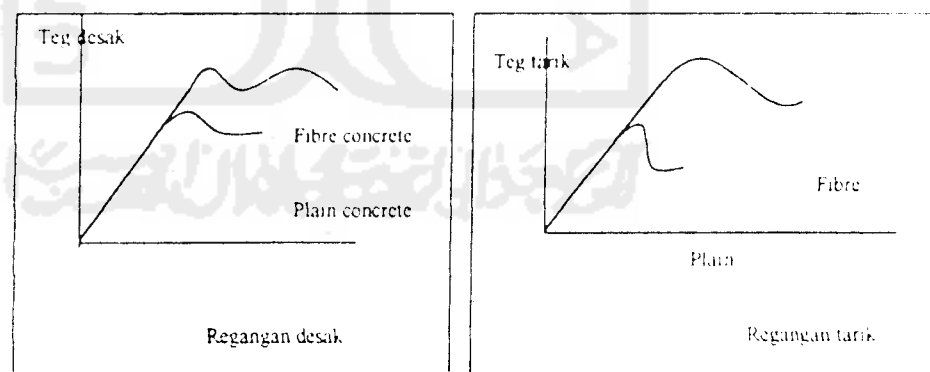
Pada beton dengan fas sama, kandungan semen lebih banyak belum tentu mempunyai kekuatan lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena jumlah air yang banyak, demikian pula pastinya, menyebabkan kandungan pori lebih banyak daripada beton dengan kandungan semen yang lebih sedikit. Jumlah semen dalam beton mempunyai nilai optimum tertentu yang memberikan kuat tekan tinggi.

4. Umur Beton

Kekuatan beton akan meningkat sejalan dengan bertambahnya umur yang dihitung sejak beton dibuat. Laju kenaikan beton mula-mula cepat, kemudian lajunya semakin lambat sebagai standar kekuatan beton adalah 28 hari.

5. Sifat Agregat

Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah kekasaran permukaan dan ukuran maksimum butir agregat.



Gambar 3.2 Diagram tegangan-regangan tekan & tarik beton

(Suhendro,1991)

3.6 Modulus Elastisitas Beton

Seperti pada sebagian besar bahan struktur, beton juga berperilaku elastik bila dikenai beban awal. Modulus elastisitas beton adalah nilai banding antara tegangan dan regangan beton yang ditunjukkan oleh besarnya sudut kemiringan diagram tegangan-regangan beton pada kondisi elastis. Modulus elastis beton tergantung dari modulus elastik bahan penyusunnya dan perbandingan bahan-bahan tersebut didalam beton.

Modulus elastis beton serat dipengaruhi oleh modulus elastisitas seratnya. Apabila serat yang dipakai mempunyai modulus elastis yang lebih tinggi daripada modulus elastis beton, misalnya kawat baja, maka beton serat akan memiliki kuat tekan, kuat tarik, maupun modulus elastisitas yang sedikit lebih tinggi daripada beton biasa. Menurut Tjokrodimulyo (1996) modulus elastisitas serat yang rendah adalah serat alami atau tumbuhan misalnya bambu, ijuk, rami atau plastik hanya membuat beton lebih tahan terhadap benturan saja. Adanya serat dalam beton akan dapat meningkatkan modulus elastisitas beton. Beton dengan serat panjang lurus, modulus elastisnya meningkat sesuai dengan konsentrasi serat yang ditambahkan. Begitu pula dengan serat baja dan karbon, kandungan serat 10% dapat meningkatkan dua kali modulus elastis pasta semen tanpa serat (Briggs & Bowen, 1974 dalam Suryanto, 2000).

Penelitian Sudarmoko, 1993 (dalam Situmorang, 2003) dengan menggunakan serat kawat bendrat bentuk spiral panjang 60 mm, 80 mm, 100 mm, konsentrasi 1% menunjukkan peningkatan nilai modulus elastis tertinggi dengan serat panjang 100 mm yaitu sebesar $4,625 \times 10^4$ N/mm²