

## BAB III LANDASAN TEORI

### A. Kuat Tekan

Menurut *SNI 03-6882 (2002: 02)*, uji Kuat tekan dilakukan dengan membuat kubus mortar berukuran 50mm sampai 100mm. Pengujian setelah mortar mengeras dengan menggunakan mesin uji tekan. Nilai kuat tekan didapat dengan membagi besar beban maksimum (kg) dengan luas tampang ( $\text{cm}^2$ ).

Kuat tekan mortar diperoleh dengan rumus, sebagai berikut :

$$f_c' = \frac{P}{A}$$

dengan :

$f_c'$  = kuat tekan (MPa)

P = gaya beban tekan maksimum (kg)

A = luas bidang permukaan ( $\text{cm}^2$ )

### B. Penyerapan Air

Penyerapan air adalah prosentase berat air yang mampu diserap oleh suatu agregat jika direndam air. Air yang meresap dipengaruhi oleh pori butiran agregat (Gani, 2004). Penyerapan air pada mortar yang berlebihan menyebabkan mutu mortar semakin tidak baik, tidak awet dan mortar akan mudah berjamur. Pengujian penyerapan Air dilakukan untuk mengetahui banyaknya air yang diserap oleh mortar setelah direndam pada waktu tertentu. Pengujian Penyerapan air menggunakan benda uji yang berbentuk kubus ( $5 \times 5 \times 5$ )  $\text{cm}^3$ .

Besarnya penyerapan air dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Penyerapan air (\%)} = \frac{mb - mk}{mk} \times 100\%$$

dengan :

$mb$  = massa basah dari benda uji (gram)

$mk$  = massa kering dari benda uji (gram)

### C. Porositas

Pengujian porositas adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui besarnya porositas yang terdapat pada benda uji mortar setelah mengeras. Semakin banyak porositas yang ada pada benda uji maka semakin rendah kekuatannya, begitu juga sebaliknya.

Besarnya porositas dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Porositas (\%)} = \frac{mb - mk}{vb} \times \frac{1}{\rho_{\text{air}}} \times 100\%$$

dengan :

$mb$  = massa basah dari benda uji (gram)

$mk$  = massa kering dari benda uji (gram)

$Vb$  = volume benda uji ( $\text{cm}^3$ )

$\rho_{\text{air}}$  = massa jenis air ( $1 \text{ gr/cm}^3$ ) (Vlan Vlack, 1989)

### D. Gradasi Butiran

Gradasi agregat merupakan distribusi ukuran butiran dari agregat. Pengujian gradasi butiran agregat berdasarkan standar *SK SNI T-15-1990-032* dengan menggunakan susunan saringan berturut-turut 9.5 mm, 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.60 mm, 0.25 mm, 0.15 mm, 0.075 mm, 0.00 mm. Berdasarkan analisa saringan, kemudian dicari prosen jumlah sisa kumulatif agregat dengan rumus :

$$W_{rt} = \frac{w_1 + w_2}{2} \text{ (SK SNI T-15-1990-032)}$$

dengan :  $W_{rt}$  = Berat rata-rata agregat yang tertahan di atas saringan (gr)

$w_1$  = Berat agregat yang tertahan di atas saringan pada percobaan 1 (gr)

$w_2$  = Berat agregat yang tertahan diatas saringan pada percobaan 2 (gr)

$$S(\%) = \frac{W_{rt}}{\Sigma W_{rt}} \times 100 \text{ (SK SNI T-15-1990-032)}$$

dengan:  $S$  (%) = Prosen berat rata-rata agregat yang tertahan diatas saringan (%)

$W_{rt}$  = Berat rata-rata agregat yang tertahan diatas saringan (gr)

$\Sigma W_{rt}$  = Jumlah berat rata-rata agregat pada satu set saringan (gr)

$$S_{kom} (\%) = \sum (SK \text{ SNI } T-15-1990-032)$$

dengan:  $S_{kom} (\%)$  = Prosen jumlah komulatif agregat yang tertahan diatas saringan

Modulus halus butir atau *finess modulus* (FM) adalah suatu nilai yang digunakan untuk menunjukkan kekasaran atau kehalusan butir-butir agregat. Pada umumnya pasir mempunyai modulus kehalusan butir antara 1,5 – 3,8 (SK SNI S-04-1989-F).

Perhitungan modulus halus butir agregat menggunakan rumus :

$$FM = \frac{\sum S_{kom} (\%)}{100} \text{ (SK SNI S-04-1989-F)}$$

dengan : FM = Modulus kehalusan butir agregat

$\sum S_{kom} (\%)$  = Jumlah prosen komulatif agregat yang tertahan diatas saringan 0,15mm

### E. Kadar Air Agregat Halus

Kadar air agregat adalah besarnya perbandingan antara berat air agregat dengan agregat dalam keadaan kering, dinyatakan dalam persen (SK SNI 03-1971-1990). Dalam hal ini hitungan kebutuhan air pada adukan mortar, biasanya agregat dianggap dalam keadaan jenuh kering muka, sehingga jika keadaan di lapangan kering udara maka dalam adukan mortar akan menyerap air, namun jika agregat dalam keadaan basah maka akan menambah air. Perhitungan kadar air dalam agregat menggunakan rumus :

$$W_w = W_{lap} - W_{od}$$

$$K_a = \frac{W_w}{W_{lap}} \times 100\% \text{ (SK SNI 03-1971-1990)}$$

dengan :  $W_w$  = Berat kandungan air (gr)

$W_{lap}$  = Berat agregat asli/SSD (gr)

$W_{od}$  = Berat agregat kondisi kering oven (gr)

$K_a$  = Kadar air agregat (%)

1. Kering tungku

Keadaan benar-benar tidak berair, dan ini berarti dapat menyerap air secara penuh.

2. Kering udara

Butir-butir agregat kering permukaan tetapi mengandung sedikit air di dalam pori. Oleh karena itu pasir dalam tingkat ini masih dapat menghisap air.

3. Jenuh kering permukaan atau SSD (*Saturated Surface Dry*)

Pada tingkat ini tidak ada air di permukaan tetapi butir-butiran agregat pada tahap ini tidak menyerap dan juga tidak menambah jumlah air bila dipakai dalam campuran adukan mortar.

4. Basah

Pada tingkat ini agregat mengandung banyak air, baik di permukaan maupun didalam butiran, sehingga bila dipakai dalam campuran adukan mortar akan memberi air. Kebutuhan air pada adukan mortar, biasanya agregat dianggap dalam keadaan jenuh kering muka, sehingga jika keadaan di lapangan kering udara maka dalam adukan mortar akan menyerap air, namun jika agregat dalam keadaan basah maka akan menambah air. Sebagai standar dalam perhitungan dipakai SSD, karena keadaan kebasahan agregat SSD hampir sama dengan agregat dalam mortar, sehingga agregat tidak menambah atau mengurangi air dari pasta. Selain itu kadar air lebih banyak mendekati keadaan SSD dari pada kering tungku.

## **F. Faktor yang Berpengaruh terhadap Mutu dan Keawetan Beton**

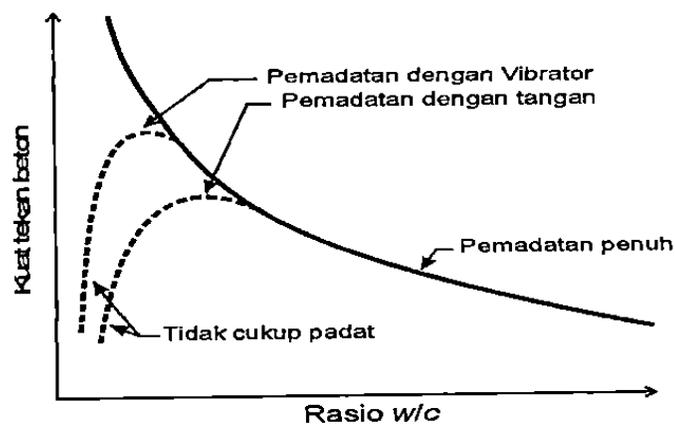
### **1. Faktor Air Semen (fas)**

Secara umum sudah diketahui bahwa semakin tinggi nilai fas, maka semakin rendah nilai kuat tekan beton yang didapatkan. Dan jika nilai fas semakin kecil maka nilai kuat tekan beton yang didapatkan akan semakin besar seperti yang terlihat pada Gambar 3.1. Idealnya semakin rendah fas kekuatan

fas tertentu (sekitar 0,30) kekuatan beton menjadi lebih rendah, karena betonnya kurang padat akibat kesulitan pemadatan. Untuk mengatasi kesulitan pemadatan dapat digunakan alat getar (*vibrator*) atau dengan bahan kimia tambahan (*chemical admixture*) yang bersifat menambah kemudahan pengerjaan (Tjokrodimuljo, 1996).

Faktor air semen (fas,  $w/c$ ) adalah angka yang menunjukkan perbandingan antara berat air dan berat semen yang digunakan dalam suatu campuran beton. Faktor Air Semen sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton yang dihasilkan. Pada beton mutu tinggi dan sangat tinggi, pengertian  $w/c$  bisa diartikan sebagai *water to cementitious ratio*, yaitu rasio berat air terhadap berat total semen dan aditif *cementitious*, yang umumnya ditambahkan pada campuran beton mutu tinggi (Supartono, 1998 dalam Mulyono, 2004).

Hubungan antara FAS dan kuat tekan dapat dilihat pada gambar 3.1 dan persamaan Abrams yaitu (dalam Mulyono, 2004).



Gambar 3.1 Hubungan antara kuat tekan dan FAS ( $W/C$ )

Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian, nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai FAS yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Dengan demikian ada suatu nilai FAS tertentu yang optimum yang

Jika jumlah pasta semen, jenis dan jumlah bahan-bahan tertentu, maka variasi FAS memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a. Makin kecil nilai FAS, makin kental pastanya, sehingga makin sukar mengikat bahan batuan, dan makin sulit susut pengerasan.
- b. Makin besar nilai FAS, makin encer pastanya, sehingga makin sulit mengikat bahan batuan, semakin kurang kohesi pada adukannya, makin rendah harganya dan makin besar susut pengerasan.

## 2. Umur Beton

Kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kekuatan beton akan naiknya secara cepat (linier) sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Kekuatan tekan beton pada kasus tertentu terus akan bertambah sampai beberapa tahun dimuka. Biasanya kekuatan tekan rencana beton dihitung pada umur 28 hari. Untuk struktur yang menghendaki awal tinggi, maka campuran dikombinasikan dengan semen khusus atau ditambah dengan bahan tambah kimia dengan tetap menggunakan jenis semen tipe I (OPC-I). Laju kenaikan umur beton sangat tergantung dari penggunaan bahan penyusunnya yang paling utama adalah penggunaan bahan semen karena semen cenderung secara langsung memperbaiki kinerja tekannya (*Mulyono, 2004*).

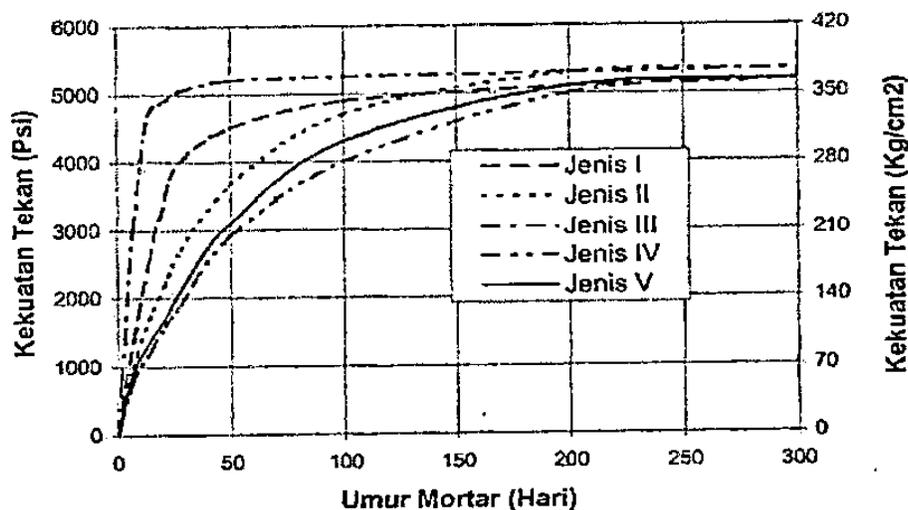
## 3. Jenis semen

Perubahan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah prosentase 4 komponen utama semen dapat menghasilkan beberapa jenis semen dengan tujuan pemakaiannya. Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen Portland dibagi menjadi 5 jenis (*SK. SNI T-15-1990-03 dalam Mulyono, 2004*) yaitu :

- a. Tipe I, semen Portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain. Menurut

- b. Tipe II, semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Kadar  $C_3S$  sedang, sama besar dengan kadar  $C_3A$ , yaitu maksimal 8% alkali rendah.
- c. Tipe III, semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi. Kadar  $C_3S$ -nya sangat tinggi dan butirannya sangat halus.
- d. Tipe IV, semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah. sehingga kadar  $C_3S$  dan  $C_3A$  rendah.
- e. Tipe V, semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

Menurut *Mulyono (2004)*, Kuat tekan semen dapat diuji dengan cara membuat mortar yang kemudian ditekan hingga hancur. Contoh semen yang akan diuji dicampur dengan pasir silika dengan perbandingan tertentu, kemudian dibentuk menjadi kubus-kubus berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm. Setelah berumur 3, 7, 14 dan 28 hari serta mengalami perawatan perendaman, benda uji tersebut diuji Kuat tekannya. Perkembangan kuat tekan yang menggunakan berbagai jenis semen dapat dilihat pada Gambar 3.2, dimana terlihat bahwa Kuat tekan yang dihasilkan tiap jenis semen berbeda.



#### 4. Jumlah Semen

Semen berguna dalam sebagai pengikat antara agregat. Jumlah kandungan semen berpengaruh terhadap Kuat tekan mortar. Pada jumlah semen yang terlalu sedikit berarti jumlah air juga sedikit sehingga adukan mortar sulit dipadatkan sehingga kuat tekan mortar menjadi rendah.

#### 5. Sifat Agregat

Sifat-sifat agregat memiliki pengaruh pada kekuatan dari beton yang dihasilkan karena sebagian besar campuran penyusun beton adalah agregat. Sifat dari agregat misalnya yaitu gradasi, kekuatan, bentuk, tekstur dan ukuran maksimum butir agregat.

Menurut *Mulyono (2004)*, gradasi agregat dapat dibedakan menjadi tiga yaitu gradasi sela, gradasi menerus dan gradasi seragam. Jika dibandingkan antara ketiganya, gradasi yang paling baik yaitu gradasi menerus karena mempunyai variasi ukuran butir yang baik untuk mendapatkan angka pori yang kecil dan kemampatan yang tinggi sehingga terjadi *interlocking* yang baik.

Kekuatan agregat juga menentukan dari kekuatan beton yang dihasilkan. Semakin baik kekuatan agregat yang digunakan maka akan baik pula kekuatan beton yang dihasilkan. Agregat yang lemah tidak dapat menghasilkan kekuatan beton yang dapat diandalkan. Menurut *Mulyono (2004)*, suatu butir agregat dapat bersifat kurang kuat karena dua hal, pertama terdiri dari bahan yang lemah atau terdiri dari partikel yang kuat tetapi tidak baik dalam hal pengikatan (*interlocking*). Seperti granit, terdiri dari partikel keras tetapi antara partikelnya tidak terikat dengan baik. Penyebab kedua yaitu porositas yang besar. Porositas yang besar mempengaruhi keuletan yang menentukan ketahanan terhadap beban kejut.

Agregat dengan bentuk bulat dan keras lebih baik dibandingkan dengan bentuk pipih karena agregat yang bulat menghasilkan tumpukan butir yang erat sedangkan yang pipih berpengaruh jelek terhadap beton, karena cenderung berkedudukan pada bidang horizontal air sehingga terbentuk

besar dapat mengurangi jumlah semen yang dibutuhkan dari menggunakan butir agregat yang kecil pada pembuatan beton yang sama. Pengurangan semen juga berarti pengurangan panas hidrasi, dan ini berarti mengurangi beton retak akibat susut atau perbedaan panas yang besar. Tetapi ukuran