

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beton Kekurangan dan Kelebihannya.

Beton merupakan suatu material yang menyerupai batu, diperoleh dengan membuat suatu campuran yang mempunyai proporsi tertentu dari semen, pasir, koral atau agregat lainnya, dan air untuk membuat campuran tersebut menjadi keras dalam cetakan sesuai dengan bentuk dan dimensi struktur yang diinginkan. Semen bereaksi secara kimiawi untuk mengikat partikel agregat tersebut menjadi suatu masa yang padat (Winter, Nilson, 1993).

Beton berasal dari bahasa latin yaitu "concretus" yang berarti tumbuh bersama, yang berupa kelebihan dan kekurangan (Mindess, Young, 1981). Adapun kelebihan adalah mudah dicetak, ekonomis, tahan lama, efisien, dapat diproduksi ditempat, mempunyai estetika, dan mempunyai kuat desak yang tinggi. Sedangkan kekurangannya adalah kekuatan regang rendah, keliatan rendah, volumenya tidak stabil, kekuatan rendah dibanding beratnya dan mempunyai tarik desak yang rendah.

2.2. 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).

2.3. Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Mutu dan Keawetan Beton

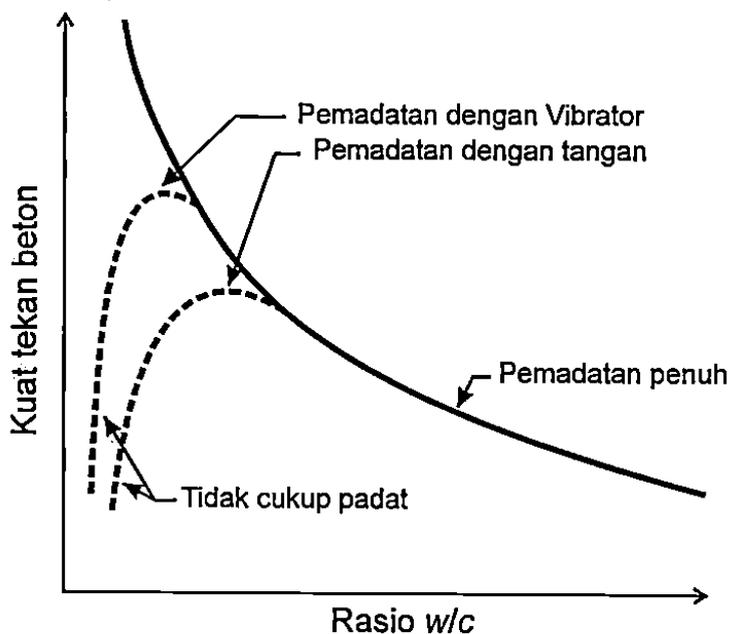
Pada umumnya, terutama bila berhubungan dengan tuntutan mutu dan keawetan yang tinggi, ada beberapa faktor utama yang bisa menentukan keberhasilan pengadaan beton bermutu tinggi, diantaranya adalah :

a. Faktor air semen ($f_{a/s}$) yang rendah

- b. Kualitas agregat halus (pasir).
- c. Kualitas agregat kasar (batu pecah/koral).
- d. Penggunaan admixture dan aditif mineral dalam kadar yang tepat.
- e. Prosedur yang benar dan cermat pada keseluruhan proses produksi beton.
- f. Pengawasan dan pengendalian yang ketat pada keseluruhan prosedur dan mutu pelaksanaan, yang didukung oleh koordinasi operasional yang optimal.

2.4. Faktor Air Semen.

Faktor air semen (f_{as} , w/c) adalah angka yang menunjukkan perbandingan antara berat air dan berat semen. 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. Faktor air semen yang rendah, merupakan faktor yang paling menentukan dalam menghasilkan beton mutu tinggi, dengan tujuan untuk mengurangi seminimal mungkin porositas beton yang dihasilkan. Dengan demikian semakin besar volume faktor air-semen (f_{as}) semakin rendah kuat tekan betonnya, seperti tampak pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Hubungan antara kuat tekan dan f_{as} (w/c) (Neville, A.M., 1991)

Dari gambar 2.1 tampak bahwa idealnya semakin rendah fas kekuatan beton semakin tinggi, akan tetapi karena kesulitan pemadatan maka dibawah 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, 1992).

Untuk membuat beton bermutu tinggi faktor air semen yang dipergunakan antara 0,28 sampai dengan 0,38. Sedangkan untuk beton bermutu sangat tinggi faktor air semen yang dipergunakan lebih kecil dari 0,2 (Jianxin Ma dan Jorg Dietz, 2002).

2.5. Kualitas agregat halus (pasir).

Kualitas agregat halus yang dapat menghasilkan beton mutu tinggi adalah :

- a. Berbentuk bulat.
- b. Tekstur halus (*smooth texture*).
- c. Modulus kehalusan (*fineness modulus*), menurut hasil penelitian menunjukkan bahwa pasir dengan modulus kehalusan 2,5 s/d 3,0 pada umumnya akan menghasilkan beton mutu tinggi (dengan fas yang rendah) yang mempunyai kuat tekan dan *workability* yang optimal (Larrard, 1990).
- d. Bersih.
- e. Gradasi yang baik dan teratur (diambil dari sumber yang sama).

2.6. Kualitas Agregat Kasar.

Kualitas agregat kasar yang dapat menghasilkan beton mutu tinggi adalah :

- a. Porositas rendah.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa porositas rendah akan menghasilkan suatu adukan yang seragam (*uniform*), dalam arti mempunyai keteraturan atau keseragaman yang baik pada mutu (kuat tekan) maupun nilai *slump*-nya. Akan sangat baik bila bisa digunakan agregat kasar dengan tingkat penyerapan air (*water absorption*) yang kurang dari 1 %. Bila tidak, hal ini bisa menimbulkan kesulitan dalam mengontrol kadar air total pada beton segar, dan bisa mengakibatkan kekurangan teraturan (*uniformity*) dan densitas yang besar pada mutu dan nilai *slump* beton.

dihasilkan. Karenanya, sensor kadar air secara ketat pada setiap group agregat yang akan dipakai merupakan suatu tahapan yang mutlak perlu dikerjakan.

b. Bentuk fisik agregat.

Dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa batu pecah dengan bentuk kubikal dan tajam ternyata menghasilkan mutu beton yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan kerikil bulat (Larrard, 1990). Hal ini tidak lain adalah karena bentuk kubikal dan tajam bisa memberikan daya lekat mekanik yang lebih baik antara batuan dengan mortar.

c. Ukuran maksimum agregat.

Dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa pemakaian agregat yang lebih kecil (< 15 mm) bisa menghasilkan mutu beton yang lebih tinggi (Larrard, 1990). Namun pemakaian agregat kasar dengan ukuran maksimum 25 mm masih menunjukkan tingkat keberhasilan yang baik dalam produksi beton mutu tinggi.

d. Bersih.

e. Kuat tekan hancur yang tinggi.

f. Gradasi yang baik dan teratur (diambil dari sumber yang sama).

2.7. Penggunaan admixture dan aditif mineral dalam kadar yang tepat.

Untuk menghasilkan beton dengan mutu (kuat tekan beton) tinggi dibutuhkan Superplasticizer (*high range water reducer*) dan Aditif mineral yang bersifat *cementitious* yaitu berupa : Abu terbang (*fly ash*), Pozzofume (*super fly ash*), dan Mikrosilika (*silicafume*) dengan kadar yang tepat. Sebab bahan admixture dan aditif jika dicampur dengan kadar yang tidak tepat hasilnya akan sebaliknya, yaitu tidak meningkatkan kuat tekannya akan tetapi dapat menurunkan.

Superplasticizer atau *high range water reducer* dalam hal ini mutlak diperlukan karena kondisi fas yang umumnya sangat rendah pada beton mutu tinggi atau sangat tinggi, untuk bisa mengontrol dan menghasilkan nilai *slump* yang optimal pada beton segar (*workable*), sehingga bisa dihasilkan kinerja pengecoran beton yang baik. Namun dalam segala hal penggunaan Superplasticizer perlu sesuai dengan standar ASTM C 494

Ketepatan dosis penambahan *Superplasticizer* umumnya perlu dibuktikan dengan membuat campuran percobaan (*trial mixes*) dengan beberapa variasi dosis penambahan *Superplasticizer* hingga mendapatkan hasil yang optimum dalam memenuhi syarat kelecakan yang direncanakan. Hasil penelitian penggunaan *Superplasticizer* (dalam hal ini digunakan sikamen-163, produk PT. Sika Nusa Pratama), menunjukkan peningkatan nilai *slump* yang memuaskan pada *fas* yang rendah ($fas = 0,28$ dan nilai *slump* awal = 1,5 cm), yaitu mencapai nilai *slump* 9,5 cm pada penambahan *Superplasticizer* dengan dosis 1,25 %, nilai *slump* 12,5 cm pada penambahan *Superplasticizer* dengan dosis 2 % (Supartono, 1998).

fly ash atau Abu terbang, merupakan aditif yang banyak digunakan. Abu terbang bisa dihasilkan dari sisa pembakaran batu bara berupa serbuk yang sangat halus, yang seringkali bisa didapat dari PLTU (pembangkit listrik tenaga uap) yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakarnya, khususnya pada ruang perapian ketel uap. Abu terbang ini bersifat *pozzolan*, sehingga bisa menjadi aditif mineral yang baik untuk beton.

Pozzolan adalah bahan yang mempunyai kandungan utama senyawa silika (silika dioksida) dan alumina, bisa didapat dari sumber alami atau buatan, berbutiran halus berupa partikel berbentuk bulat (*spherical*), tapi tidak mempunyai sifat hidrasi seperti semen. Namun karena *pozzolan* mempunyai kandungan utama silika-dioksida ($Si O_2$), maka *pozzolan* pada suhu biasa dapat bereaksi secara kimiawi dengan kalsium-hidroksida ($Ca (OH)_2$), membentuk terutama senyawa kalsium-silikat-hidrat (CSH gel).

Seperti telah diketahui, pada beton normal yang sudah mengeras, terdapat unsure kalsium-hidroksida yang pada umumnya dijumpai di daerah pertemuan agregat kasar dan mortar semen, yang dihasilkan dari pelepasan hidrasi semen, dan yang merupakan bagian lemah pada unsur pembentuk kekuatan beton serta sumber sensitif beton terhadap serangan sulfat. Dengan demikian penambahan abu terbang akan memberikan beberapa keuntungan sekaligus sebagai berikut :

- (1) Mengurangi keberadaan unsur kalsium-hidroksida di dalam beton, yang merupakan bagian lemah pada beton, serta menggantikannya, setelah bereaksi dengan $Si O_2$ menjadi kalsium-silikat-hidrat (CSH gel), yang selanjutnya memberikan sumbangan pada kekuatan beton. Dengan demikian beton dengan campuran abu terbang

umumnya akan meningkatkan kekuatan maupun kepadatannya, sehingga dengan demikian juga meningkatkan kekedapan.

- (2) Pozzolan yang umumnya berbutir sangat halus juga akan mengisi pori-pori pada beton normal secara lebih baik, sehingga didapatkan beton yang porositasnya lebih rendah.
- (3) Reduksi kalsium-hidroksida oleh Si O_2 akan mengurangi sensitivitas beton terhadap agresif sulfat, yang juga didukung oleh meningkatnya kerapatan beton sehingga air yang mengandung senyawa agresif akan sukar merembes masuk dan dengan demikian tidak mudah menimbulkan korosi pada beton.

Berdasarkan sumber batu bara yang digunakan, dan dengan demikian sesuai juga dengan tingkat kandungan Si O_2 di dalamnya, ASTM menggolongkan abu terbang dalam dua kategori yaitu :

- (1) Kelas F, yang mengandung sekitar 70 % Si O_2 , dihasilkan pada umumnya dari pembakaran batu bara jenis anthracite atau bituminous.
- (2) Kelas C, yang mengandung sekitar 50 % Si O_2 , dihasilkan pada umumnya dari pembakaran batu bara jenis lignite atau sub-bituminous.

Dalam hal ini kualitas abu terbang dipengaruhi terutama oleh :

- (1) Mutu dan jenis batu bara yang dibakar.
- (2) Ukuran tungku pembakaran yang dipakai.
- (3) Efisiensi pembakaran dan kehalusan serbuk batu bara.

Disamping penggunaan abu terbang pada beton mutu tinggi sebagai aditif mineral juga dapat digunakan *Pozzofume* atau *super fly ash*, yang bisa diperoleh dari pengumpulan gas-gas hasil pembakaran batu bara, dan juga termasuk dalam kelompok pozzolan

Seperti abu terbang atau pozzolan lainnya, pozzofume tidak memiliki sifat hidrasi semen, tetapi dengan keberadaan air dapat beraksi dengan kalsium-hidroksida (Ca (OH)_2) hasil pelepasan hidrasi semen, membentuk gel yang memiliki sifat (CSH gel) sehingga dapat meningkatkan kekuatan beton.

Secara garis besar pozzofume sama dengan abu terbang, hanya ada beberapa perbedaan, yang meliputi ukuran partikel dan besarnya persentase kandungan silika dan alumina, dimana pozzofume pada umumnya memiliki ukuran butiran partikel yang lebih

kecil dibandingkan abu terbang biasa serta kandungan silikanya lebih dari 70 %, sehingga pozzofume juga disebut sebagai super fly ash, dan baik untuk bahan tambahan campuran pada beton mutu tinggi.

Mikrosilika (*Silicafume*) merupakan aditif yang sangat baik untuk digunakan dalam pembuatan beton mutu tinggi dan sangat tinggi, yang merupakan produk sampingan sebagai abu pembakaran dari proses pembuatan *silicon metal* atau *silicon alloy* dalam tungku pembakaran listrik. Mikrosilika ini juga bersifat pozzolan, dengan kadar kandungan senyawa silica-dioksida (Si O_2) yang sangat tinggi ($> 90 \%$), dan ukuran butiran partikel yang sangat halus, yaitu sekitar 1/100 ukuran rata-rata partikel semen. Dengan demikian penggunaan mikrosilika pada umumnya akan memberikan sumbangan yang lebih efektif pada kinerja beton, terutama untuk beton bermutu sangat tinggi.

2.8. Prosedur yang benar dan cermat pada keseluruhan proses produksi beton.

Untuk menghasilkan beton bermutu tinggi maka dibutuhkan prosedur yang benar dan cermat pada keseluruhan proses produksi beton yang meliputi :

- a. Uji material (*material testing*).
- b. Sensor dan pengelompokan material (*material sensor and grouping*).
- c. Penakaran dan pencampuran (*batching*).
- d. Pengadukan (*mixing*).
- e. Pangangkutan (*transportating*).
- f. Pengecoran (*placing*).
- g. Perawatan (*curing*).

Disamping itu pengawasan dan pengendalian yang ketat pada keseluruhan prosedur dan mutu pelaksanaan akan menghasilkan beton bermutu tinggi.