

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Beton**

Beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan. Bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland, air dan agregat (kadang-kadang dengan bahan tambah yang sangat bervariasi, mulai dari bahan kimia tambahan, serat hingga bahan buangan non kimia) dengan perbandingan tertentu. Campuran tersebut bila dituang dalam cetakan kemudian dibiarkan, maka akan mengeras seperti batuan. Pengerasan ini terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara air dan semen. Reaksi kimia ini terjadi pada waktu yang panjang yang berakibat campuran tersebut bertambah keras sesuai dengan umurnya. Beton yang sudah mengeras dapat dianggap sebagai batuan, dengan rongga-rongga antara butiran yang besar (agregat kasar, kerikil atau batu pecah) diisi oleh butiran yang lebih kecil (agregat halus, pasir) dan pori-pori antar agregat halus ini diisi oleh semen dan air (pasta semen).

Air dan semen dalam adukan beton membentuk pasta yang disebut pasta semen. Selain mengisi pori-pori antara agregat halus, pasta semen juga bersifat sebagai perekat atau pengikat dalam proses pengerasan, sehingga butiran agregat saling terikat dengan kuat. Dengan terikatnya butiran agregat, maka terbentuklah suatu massa yang kompak dan padat. Beton terdiri atas material-material penyusun, yaitu semen, agregat dan air.

### **2.1.1 Semen**

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Meskipun definisi ini ditetapkan untuk banyak jenis bahan, semen yang dimaksudkan untuk konstruksi beton bertulang adalah bahan jadi yang mengeras dengan adanya air (hydration) dan dinamakan semen hidrolis.

Semen semacam ini terdiri dari silikat dan lime yang terbuat dari batu kapur dan tanah liat (batu tulis) yang digiling halus, dicampur dan dibakar di dalam pembakaran kapur (kiln), kemudian dihancurkan menjadi tepung.

Semen hidrolis yang biasa dipakai untuk beton bertulang dinamakan semen portland, karena setelah mengeras mirip dengan batu portland yang ditemukan di dekat Dorset, Inggris. Nama ini diawali dengan sebuah hak paten yang diperoleh oleh Joseph Aspdin dari Leeds, Inggris pada tahun 1824.

Beton yang dibuat dengan semen portland umumnya membutuhkan sekitar 14 hari untuk mencapai kekuatan yang cukup agar acuan dapat dibongkar dan beban-beban mati serta konstruksi dapat dipikul. Kekuatan rencana beton yang demikian dalam waktu sekitar 28 hari. Semen portland biasa diidentifikasi oleh ASTM C150 (8) sebagai type I. Type lain dari semen portland berikut penggunaannya dicantumkan dalam tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Jenis-jenis Semen Portland

JENIS	PENGUNAAN
I	Konstruksi biasa, dimana sifat yang khusus tidak diperlukan
II	Konstruksi biasa, dimana diinginkan perlawanan terhadap sulfur atau panas dari hidrasi
III	Jika diinginkan kekuatan permulaan yang tinggi
IV	Jika diinginkan panas yang rendah dari hidrasi
V	Jika diinginkan daya tahan yang tinggi terhadap sulfat

Campuran semen hidrolis (ASTM C595) terdiri atas beberapa kategori, misalnya semen bara portland yang dikeringkan dalam dapur api, semen portland pozzolan, semen bara dan semen portland yang dimodifisir dengan bara.

Semen portland bara yang dikeringkan dalam dapur api mempunyai panas hidrasi yang lebih rendah dibandingkan dengan semen biasa dari type I dan digunakan untuk konstruksi beton masif seperti bendungan, karena daya lawannya yang tinggi terhadap sulfat, maka lazim digunakan untuk konstruksi didalam air.

Semen portland-pozzolan adalah campuran dari semen type I biasa dengan pozzolan. Semen campuran dengan pozzolan ini memperoleh kekuatan lebih lambat dibandingkan dengan semen tanpa pozzolan dan mengeluarkan suhu yang lebih rendah sewaktu hidrasi. Semen jenis ini dipakai secara luas untuk konstruksi semen yang masif<sup>3)</sup>.

Fungsi semen adalah untuk melekatkan butir-butir agar terjadi suatu massa yang kompak dan padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga di antara butir agregat. Semen mengisi kira-kira 10 % dari volume beton<sup>4)</sup>. Apabila dicampur dengan air dan membentuk adukan yang halus, bahan tersebut lambat laun akan mengeras dan menjadi padat. Proses tersebut dikenal sebagai proses pemadatan dan pengerasan. Semen dikatakan telah memadat apabila telah mencapai kekuatan yang cukup untuk memikul suatu tekanan tertentu yang diberikan. Proses akan terus berlanjut dalam jangka yang cukup lama hingga mengeras, yaitu untuk mendapatkan kekuatan yang lebih besar. Air didalam adukan melarutkan material pada permukaan butir-butir semen dan membentuk suatu koloida yang secara berangsur-angsur bertambah volume dan kekuatannya. Proses ini mengakibatkan terjadinya suatu proses pe-

- 
3. Wang , Chu-Kia, Salmon, Charles. G, 1993, DESAIN BETON BERTULANG, Edisi Keempat Jilid I, Penerbit Erlangga
  4. Kardiono Tjokrodimulyo, 1992 TEKNOLOGI BETON, Pusat Antar Universitas (PAU) UGM, Yogyakarta.

ngakuan yang cepat dari adukan, yaitu sekitar 2 hingga 4 jam setelah air bercampur dengan semen. Proses hidrasi akan berlangsung lebih dalam ke dalam butir-butir semen dengan kecepatan makin lama makin berkurang sesuai dengan berlangsungnya suatu proses pengakuan dan pengerasan dari masa tersebut.

Pada beton biasa, semen mungkin tidak pernah mengalami proses hidrasi secara lengkap. Struktur koloida dari adukan yang mengeras tampaknya merupakan alasan utama terjadinya perubahan volume pada beton yang disebabkan oleh variasi kelembaban yang ada, seperti terjadinya penyusutan pada beton sewaktu mengering.

Agar terjadi proses hidrasi secara lengkap pada sejumlah semen, H. Rusch menyatakan bahwa secara kimiawi diperlukan jumlah air yang beratnya kurang lebih 25 % dari jumlah semen. Diperlukan suatu tambahan air sebanyak 10 % - 15 % untuk memungkinkan gerak air dalam adukan semen selama berlangsungnya proses hidrasi, sehingga air tersebut bisa tercampur merata dengan partikel-partikel semen. Hal tersebut menyebabkan perbandingan berat minimum air terhadap semen adalah 0,35-0,45. Kekuatan adukan yang telah mengeras akan berkurang dan berbanding terbalik dengan volume total yang diisi oleh pori-pori. Dengan kata lain dapat dinyatakan bahwa kekuatan

akan bertambah dan berbanding lurus dengan bagian volume yang padat, karena bagian padat beton akan memikul tegangan dan bukan bagian berongga. Hal ini yang menyebabkan kekuatan ditentukan oleh pengaturan perbandingan antara semen, agregat kasar, agregat halus dan berbagai jenis campuran.

### 2.1.2 Agregat

Agregat adalah bahan campuran beton yang akan saling diikat oleh semen. Dalam struktur beton biasa, agregat menempati kurang lebih 70-75 % dari volume massa yang telah mengeras. Agregat pada umumnya diklasifikasikan sebagai agregat halus dan agregat kasar.

Agregat halus adalah pasir alam, yaitu hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh mesin pemecah batu, dengan ukuran terbesar 5,0 mm. Pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 macam, yaitu :

1. Pasir Galian

Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara penggalian. Pasir jenis ini biasanya berbentuk tajam, berpori, bersudut dan bebas dari kandungan garam. Biasanya harus dicuci terlebih dahulu untuk membersihkan dari kotoran tanah.

## 2. Pasir Sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai. Umumnya berbutir halus dan berbentuk bulat akibat proses gesekan. Daya ikat antar butir agak kurang karena bentuk butiran yang bulat.

## 3. Pasir Laut

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai, butirannya halus dan bulat karena gesekan. Pasir jenis ini merupakan pasir jelek karena mengandung garam-garaman. Garam ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir akan selalu agak basah dan akan menyebabkan pengembangan, oleh sebab itu pasir jenis ini sebaiknya tidak dipergunakan.

Agregat kasar dapat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alam atau berasal dari mesin pemecah batu, dengan ukuran 5-40 mm<sup>5)</sup>. Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan atas tiga golongan, yaitu agregat normal, berat dan ringan.

### 1. Agregat Normal

Agregat normal ialah agregat dengan berat jenisnya antara 2,5-2,7 gr/cm<sup>3</sup>. Agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit,

---

5. Gideon Kusuma, 1993, PEDOMAN Pengerjaan Beton Berdasarkan Sksni T-15-1991-03, Penerbit Erlangga.

kwarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan oleh agregat ini mempunyai berat jenis sekitar  $2,3 \text{ gr/cm}^3$ .

## 2. Agregat Berat

Agregat berat adalah agregat dengan berat jenis lebih dari  $2,8 \text{ gr/cm}^3$ . Agregat jenis ini misalnya adalah serbuk besi, barit dan limonit. Beton yang dihasilkan oleh agregat ini mempunyai berat jenis hingga sampai  $5 \text{ gr/cm}^3$ , biasa dipergunakan sebagai dinding penahan radiasi sinar X.

## 3. Agregat Ringan

Agregat ringan ialah agregat dengan berat jenisnya kurang dari  $2,0 \text{ gr/cm}^3$ . Biasa dipakai untuk beton non struktur, namun dapat juga untuk beton struktural atau blok dinding tembok. Agregat ringan umumnya mempunyai daya serap air tinggi, sehingga mempercepat pengerasan adukan beton. Kebaikan beton dengan agregat ringan adalah menghasilkan struktur ringan, sehingga dapat mempergunakan pondasi yang kecil. Beton ringan selain berbobot rendah juga tahan api dan dapat dipergunakan sebagai bahan isolasi panas yang baik.



Gradasi yang baik adalah hal yang penting pada penggunaan agregat kasar. Bila agregat bergradasi sama atau seragam, maka volume pori akan besar dan sebaliknya jika gradasi bervariasi, maka volume akan kecil. Hal ini diakibatkan karena butiran yang kecil akan mengisi pori antara butiran yang lebih besar, sehingga pori menjadi sedikit dan kemampatannya tinggi. Kemampatan yang tinggi diperlukan untuk pembuatan mortar dan beton, karena berarti hanya memerlukan bahan ikat yang relatif lebih sedikit.

Agregat untuk bahan bangunan sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Butir-butirnya tajam, kuat dan bersudut. Ukuran kekuatan agregat dilakukan dengan pengujian ketahanan aus (abrasi test) dengan menggunakan mesin uji Los Angeles atau bejana Rudeloff. Syarat maksimum bagian hancur lolos saringan 1,7 mm adalah 50 %.
2. Tidak mengandung tanah atau kotoran lain yang lewat ayakan 0,075 mm. Pada agregat halus, jumlah kandungan kotoran tidak boleh lebih dari 5%. Pada agregat kasar, kandungan kotoran dibatasi hingga 1 %. Jika kandungan kotoran melebihi batas maksimum, harus dilakukan proses pencucian terlebih dahulu.
3. Tidak mengandung garam yang menghisap air dari udara.

4. Tidak mengandung zat organik.
5. Mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Modulus halus butir (MHB) pasir berkisar antara 1,5 - 3,8, sehingga hanya memerlukan sedikit pasta semen.
6. Bersifat kekal, tidak hancur karena pengaruh cuaca.
7. Untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi, agregat harus mempunyai tingkat keawetan reaktif yang negatif terhadap alkali.
8. Untuk agregat kasar, tidak boleh mengandung butiran-butiran yang pipih dan panjang

### 2.1.3 Air

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang penting dan harganya paling murah. Air diperlukan untuk reaksi dengan semen, serta berfungsi sebagai pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, diperlukan air sekitar 30 % dari berat semen. Namun dalam kenyataan, nilai faktor air semen (fas) yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air tersebut dipergunakan untuk pelumas, namun tambahan air sebagai pelumas tersebut tidak boleh terlalu banyak karena akan menyebabkan kekuatan beton menjadi rendah dan beton porous. Kelebihan

air akan menyebabkan air dan semen bersama-sama naik ke permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang (bleeding) yang akan menjadi buih dan merupakan suatu lapisan tipis yang dikenal sebagai selaput tipis (laitance). Selaput tipis tersebut akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambungan yang lemah.

Air yang memenuhi persyaratan sebagai campuran beton adalah air minum, namun tidak berarti air pencampur beton harus memenuhi standar persyaratan air minum. Secara umum air yang dipakai sebagai bahan pencampur beton adalah air yang jika dipakai akan menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90 % kekuatan beton yang mempergunakan air suling. Kekuatan beton dan daya tahannya akan berkurang jika mempergunakan air yang mengandung kotoran, sehingga berpengaruh pada lama waktu ikatan awal adukan serta kekuatan setelah mengeras. Pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung chlorida (Cl) lebih dari 0.5 gram/liter.

4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Air yang dipakai untuk perawatan sebaiknya adalah air yang dipakai untuk pengadukan, namun tidak boleh yang dapat menimbulkan noda atau endapan yang dapat merusak warna permukaan, sehingga tidak sedap dipandang. Besi dan zat organik dalam air umumnya adalah penyebab utama pengotoran dan perubahan warna, terutama jika dipergunakan peralatan yang cukup lama.

## 2.2 Limbah Kerak Tanur Tinggi

Limbah kerak tanur tinggi (slag) yang dipergunakan berasal dari PT. Purna Baja Heckett dan Chemical Laboratory Superintendent PT. Krakatau Steel di Cilegon Jawa Barat. Ukuran dan bentuknya hampir sama dengan kerikil. Data density rata-rata dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Data Density Slag

UKURAN (mm)	BERAT ISI (kg/dm <sup>3</sup> )
0 - 10	1,90
10 - 35	1,95
35 - 70	1,87
70 - 280	1,84

Komposisi kimia slag yang dipergunakan sebagai pengganti agregat kasar diperoleh dari chemical laboratory report. Komposisi kimia yang terkandung dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Slag

UNSUR KIMIA	KOMPOSISI KIMIA (%)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (aluminat)	5,14
SiO <sub>2</sub> (silikat)	11,76
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (fosfor penta oksida)	0,40
MgO (magnesium monoksida)	7,98
MnO (mangan monoksida)	1,32
CaO (kalsium monoksida)	30,42
FeO (ferro monoksida)	38,52
S (sulfur)	0,04

Dalam penelitian ini pergunakan slag dengan ukuran rata-rata 10 - 35 mm (lolos saringan 2 inch). Dengan pemakaian slag ini diharapkan akan menaikkan kuat tekan beton jika dibandingkan beton dengan agregat split.

### 2.3 Kuat Tekan Beton

Beton yang baik adalah beton yang mempunyai kuat tekan tinggi, kuat lekat tinggi, rapat air, susut kecil, tahan aus, tahan terhadap pengaruh cuaca serta tahan terhadap zat-zat kimia yang akan merusak mutu beton. Apabila kuat tekan beton tinggi, maka sifat-sifat lainnya cenderung baik. Peninjauan secara kasar biasanya hanya ditujukan pada kuat tekan saja.

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor. Selain perbandingan air semen dan tingkat pematatannya, faktor-faktor lain yang berpengaruh adalah sebagai berikut ini :

1. Jenis semen dan kualitasnya.

Jenis semen dan kualitasnya sangat mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.

2. Jenis dan bentuk permukaan agregat.

Penggunaan agregat kasar dengan permukaan kasar pada kenyataannya akan menghasilkan beton dengan kuat desak yang lebih besar daripada agregat kasar dengan permukaan halus.

3. Efisiensi perawatan (curing).

Pengeringan yang dilakukan sebelum waktunya akan dapat menghilangkan kekuatan beton hingga sekitar 40 %.

4. Faktor umur.

Kekuatan beton pada keadaan normal akan bertambah sesuai dengan umurnya. Pengerasan beton berlangsung terus secara lambat sampai beberapa tahun.

#### 5. Mutu agregat.

Pada umumnya, kekuatan dan ketahanan terhadap aus (abrasi) agregat kasar sangat berpengaruh besar terhadap kuat tekan beton, disamping faktor lainnya.

