

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Beton

Beton merupakan bahan dari campuran antara Portland cement, agregat halus (pasir), agregat kasar (dalam hal ini agregat ringan ), air dengan tambahan adanya rongga-rongga udara.

Mutu Beton ditentukan oleh banyak faktor antara lain (Sutikno, 2003)

- a. Faktor Air Semen
- b. Perbandingan bahan-bahannya
- c. Mutu bahan-bahannya
- d. Susunan butiran agregat yang dipakai
- e. Ukuran agregat yang digunakan
- f. Bentuk ukuran agregat
- g. Kondisi pada saat mengerjakan
- h. Kondisi pada saat pengerasan

Keuntungan dari beton antara lain (Sutikno, 2013):

1. Mudah dicetak artinya beton segar dapat mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk apapun dan ukuran berapapun tergantung dari keinginan.
2. Ekonomis artinya bahan-bahan dasar dari bahan lokal kecuali Portland cement, hanya daerah-daerah tertentu sulit mendapatkan agregat halus maupun agregat kasar. Dan cetakan dapat digunakan berulang-ulang sehingga secara ekonomis menjadi murah.

3. Awet dan tahan lama artinya beton termasuk berkekuatan tinggi, serta mempunyai sifat tahan terhadap perkaratan dan pembusukan oleh kondisi lingkungan. Bila dibuat secara baik kuat tekannya sama dengan batu alam.
4. Tahan api artinya tahan terhadap kebakaran, sehingga biaya perawatan termasuk rendah.
5. Energi efisien artinya beton kuat tekannya tinggi mengakibatkan jika dikombinasikan dengan baja tulangan dapat dikatakan mampu dibuat struktur berat. Beton dan baja boleh dikatakan mempunyai koefisien muai hampir sama.
6. Dapat dicor ditempat artinya beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang posisinya sangat sulit. Juga dapat disemprotkan pada permukaan beton yang lama untuk menyambungkan dengan beton baru (di grouting).
7. Bentuknya indah artinya dapat dibuat model sesuka hati menurut selera

#### Kerugian Beton Antara Lain:

1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan.
2. Beton segar mengerut pada saat pengeringan dan beton keras mengembang jika basah, sehingga perlu diadakan dilatasi pada beton yang panjang untuk memberi tempat untuk kembang susut beton.
3. Beton sulit untuk kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air dan air membawa kandungan garam dapat merusak beton.

4. Beton bersifat getas sehingga harus dihitung dengan teliti agar setelah digabungkan dengan baja tulangan dapat bersifat kokoh terutama pada perhitungan bangunan tahan gempa.

### **3.2 Bahan Pembuat Beton**

#### **3.2.1 Semen**

Suatu semen hidrolis terdiri dari campuran homogen antara semen *portland* dengan pozolan halus, yang diproduksi dengan menggiling klinker semen *portland* dan pozolan bersama-sama.

Proses hidrasi semen dipengaruhi oleh komposisi dari semen tersebut. Salah satunya yaitu silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang ada di dalam semen.  $\text{SiO}_2$  akan mengeliminir  $\text{Ca(OH)}_2$  dan bereaksi membentuk CSH pada proses hidrasi semen, sehingga pada akhirnya akan meningkatkan kuat tekan semen.

#### **3.2.2 Air**

Fungsi dari air disini antara lain adalah sebagai bahan pencampur dan pengaduk antara semen dan agregat. Pada umumnya air yang dapat diminum memenuhi persyaratan sebagai air pencampur beton, air ini harus bebas dari padatan tersuspensi ataupun padatan terlarut yang terlalu banyak, dan bebas dari material organik (*Mindess, dkk., 2003*). Persyaratan air sebagai bahan bangunan, sesuai dengan penggunaannya harus memenuhi syarat menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan Di Indonesia (*PUBI-1982*), antara lain:

1. Air harus bersih
2. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.

3. Tidak boleh mengandung lumpur benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram / liter.
4. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram / liter. Kandungan klorida (Cl), tidak lebih dari 500 ppm dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 ppm sebagai SO<sub>3</sub>.
5. Semua air yang mutunya meragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi.

### 3.2.3 Agregat

Pada beton biasanya terdapat sekitar 70% sampai 80 % volume agregat terhadap volume keseluruhan beton, karena itu agregat mempunyai peranan yang penting dalam propertis suatu beton (*Mindess et al., 2003*). Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai satu kesatuan yang utuh, homogen, rapat, dan variasi dalam perilaku (*Nawy, 1998*). Dua Jenis Agregat yang digunakan dalam pembuatan beton ini adalah :

1. Agregat halus (pasir alami dan buatan)

Agregat halus disebut pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian, atau dari hasil pemecahan batu. Agregat halus adalah agregat dengan ukuran butir lebih kecil dari 4,75 mm (*ASTM C 125 - 06*). Agregat yang butir-butirnya lebih kecil dari 1,2 mm disebut pasir halus, sedangkan butir-butir yang lebih kecil dari 0,075 mm disebut *silt*, dan yang lebih kecil dari 0,002 mm disebut *clay* (*SK SNI T-15-1991-03*). Persyaratan

mengenai proporsi agregat dengan gradasi ideal yang direkomendasikan terdapat dalam standar *ASTM C 33/ 03 "Standard Specification for Concrete Aggregates"*.

Tabel 3. 1 Gradasi Saringan Ideal Agregat Halus

Diameter Saringan (mm)	Persen Lolos (%)	Gradasi Ideal (%)
9,5 mm	100	100
4,75 mm	95 - 100	97,5
2,36 mm	80 - 100	90
1,18 mm	50 - 85	67,5
600 $\mu$ m	25 - 60	42,5
300 $\mu$ m	5 - 30	17,5
150 $\mu$ m	0 - 10	5

## 2. Agregat Ringan

Agregat ringan berasal dari sumber alam atau buatan manusia (SNI 03-2461-2002). Syarat agregat ringan yang dapat digunakan dalam pembuatan beton adalah mempunyai berat kurang dari 1100 kg/m<sup>3</sup>. Penggunaan agregat ringan pada komposisi beton dipengaruhi oleh kuat tekan dari agregat tersebut yang kemudian akan mempengaruhi seberapa besar ruang (fraksi) yang digunakan dalam proses pembuatan beton (SNI 03-3449-2002). Pemilihan agregat ringan dapat ditentukan berdasarkan tujuan konstruksi yang mengacu pada SK SNI 03-3449-2002

Tabel 3.2 Jenis Agregat Ringan Yang Dipilih Berdasarkan Tujuan Konstruksi

KONSTRUKSI BANGUNAN		BETON RINGAN		JENIS AGREGAT RINGAN
		KUAT TEKAN (MPa)	Berat isi (Kg/m <sup>3</sup> )	
Struktural	Minimum	17.24	1400	Agregat yang dibuat melalui proses pemanasan batu
	Maximum	41.36	1850	Serpih, batu lempung, batu sabak, terak besi atau terak abu terbang
Struktural Ringan	Minimum	6.89	800	Agregat ringan alam : scoria atau batu apung
	Maksimum	17.24	1400	
Struktural Sangat ringan Sebagai Isolasi	Minimum	-	-	Perlit atau batu apung Vemibulit
	Maksimum	-	800	

Sumber : SKSNI 03-3449-2002

### 3.2.4 Bahan Tambah

Bahan tambah (*admixture*) adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan, yang ditambahkan ke dalam campuran adukan beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya. (Spesifikasi Bahan Tambahan untuk Beton, SK SNI S-18-1990-03).

Berdasarkan ACI (*American Concrete Institute*), bahan tambah adalah material selain air, agregat dan semen hidrolis yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung.

Penambahan bahan tambah dalam sebuah campuran beton atau mortar tidak mengubah komposisi yang besar dari bahan lainnya, karena penggunaan bahan

tambah ini cenderung merupakan pengganti atau substitusi dari dalam campuran beton itu sendiri. Karena tujuannya memperbaiki atau mengubah sifat dan karakteristik tertentu dari beton atau mortar yang akan dihasilkan, maka kecenderungan perubahan komposisi dalam berat-volume tidak terasa secara langsung dibandingkan dengan komposisi awal beton tanpa bahan tambah.

Penggunaan bahan tambah dalam sebuah campuran beton harus memperhatikan standar yang berlaku seperti SNI (Standar Nasional Indonesia), ASTM (*American Society for Testing and Materials*) atau ACI (*American Concrete Institute*) dan yang paling utama memperhatikan petunjuk dalam manual produk dagang.

Secara umum bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*).

#### 1. Bahan tambah kimia

Menurut standar ASTM, terdapat 7 jenis bahan kimia yang digunakan yaitu :

- a. Tipe A, *Water-Reducing Admixtures*
- b. Tipe B, *Retarding Admixtures*
- c. Tipe C, *Accelerating Admixtures*
- d. Tipe D, *Water Reducing and Retarding Admixtures*
- e. Tipe E, *Water Reducing and Acceleratig Admixtures*
- f. Tipe F, *Water Reducing, High Range Admixtures*
- g. Tipe G, *Water Reducing High Range Retarding Admixtures*

## 2. Pozolan

Pozolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika atau silika alumina dan alumina, yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen akan tetapi dalam bentuk yang halus dan dengan adanya air maka senyawa-senyawa tersebut akan bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu non seras membentuk senyawa kalsium hidrat yang bersifat hidraulis dan mempunyai angka kelarutan yang cukup rendah.

Standar mutu pozolan menurut ASTM C618-92a dibedakan menjadi tiga kelas, dimana tiap-tiap kelas ditentukan komposisi kimia dan sifat fisiknya. *Pozzolan* mempunyai mutu yang baik apabila jumlah kadar  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  tinggi dan reaktifitasnya tinggi dengan kapur. Ketiga kelas *pozzolan* tersebut adalah :

Kelas N : Pozolan alam atau hasil pembakaran, *pozzolan* alam yang dapat digolongkan didalam jenis ini seperti tanah diatomoid, *opalin cherts* dan *shales*, *tuff* dan abu vulkanik atau *pumicite*, dimana bisa diproses melalui pembakaran atau tidak. Selain itu juga berbagai material hasil pembakaran yang mempunyai sifat *pozzolan* yang baik.

Kelas C : *Fly ash* yang mengandung CaO di atas 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batubara.

Kelas F : *Fly ash* yang mengandung CaO kurang dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batubara.

### 3. Bahan tambah Serat

Serat (*fiber*) merupakan bahan tambah berupa serat kayu, baja, kaca. Penambahan serat ini ditujukan untuk meningkatkan mutu beton yang semakin hari semakin dibutuhkan dan untuk memperbaiki sifat mekanik beton (kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur).

#### 3.3 Beton Ringan

Beton ringan struktural adalah beton yang memiliki agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1850 kg/m<sup>3</sup> dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan untuk tujuan struktural (SNI 03-3449-2002).

Ada beberapa cara untuk memproduksi beton ringan tetapi itu semuanya hanya tergantung pada adanya rongga udara dalam agregat, atau pembuatan rongga udara dalam beton. Beberapa cara tersebut Prawito (2010), yakni:

1. Beton ringan dengan bahan batuan yang berongga atau agregat ringan buatan yang digunakan juga sebagai pengganti agregat kasar/kerikil. Beton ini memakai agregat ringan yang mempunyai berat jenis yang rendah (berkisar 1400 kg/m<sup>3</sup> – 2000 kg/m<sup>3</sup>).
2. Beton ringan tanpa pasir (*No Fines Concrete*), dimana beton tidak menggunakan agregat halus (pasir) pada campuran pastinya atau sering disebut beton non pasir, sehingga tidak mempunyai sejumlah besar pori. Berat isi berkisar antara 880 – 1200 kg/m<sup>3</sup> dan mempunyai kekuatan berkisar 7 – 14 MPa.

3. Beton ringan yang diperoleh dengan memasukkan udara dalam adukan atau mortar (beton aerasi), sehingga akan terjadi pori-pori udara berukuran 0,1 – 1 mm. Memiliki berat isi 200 – 1440 kg/m<sup>3</sup>.

#### **3.4 Tempurung Kelapa**

Tempurung kelapa mengandung unsur kimia SiO<sub>2</sub> sehingga memiliki cangkang yang keras. Berat tempurung sekitar 12-15% dari berat keseluruhan buah kelapa, serabut 35%, tempurung 12%, daging 28%, dan air kelapa 25%. Berat jenis yang dihasilkan oleh tempurung kelapa berkisar 0,9 gr/cm<sup>3</sup> (Suarnita, 2009)

Agregat ringan umumnya mempunyai bentuk yang berpori sehingga mempunyai daya resap air yang tinggi, untuk itu sebelum melakukan pengadukan beton disarankan agregat ringan direndam dan kemudian dikeringkan sampai kering permukaan (Murdock dan Brook, 1986).

Dalam penelitian ini tempurung kelapa akan di panaskan terlebih dahulu di dalam oven dengan panas kurang lebih 100°C dengan tujuan menghilangkan sisa-sisa zat organik yang dikhawatirkan dapat mengganggu kualitas hasil jadi beton. Setelah selesai di panaskan maka tempurung kelapa di rendam di dalam air selama satu hari dan di keringkan hingga kering permukaan.

#### **3.5 Abu Terbang (*Fly ash*)**

Abu terbang (*fly ash*) didefinisikan sebagai butiran halus hasil residu pembakaran batu bara atau bubuk batu bara. Menurut (Maryoto, 2008), *fly ash* adalah bagian dari sisa pembakaran batu bara pada *Boiler* pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk partikel halus *amorf* dan bersifat *pozzoland*, sehingga abu tersebut dapat bereaksi dengan kapur pada suhu kamar dengan media air

membentuk senyawa yang bersifat *pozzoland* tersebut. Dengan adanya sifat *pozzoland* tersebut, abu terbang mempunyai prospek untuk digunakan dalam berbagai keperluan bangunan.

Pengaruh utama dalam penggunaan *fly ash* adalah pemakaian air dan *workability*. Untuk *workability* yang tepat, penggunaan air akan berkurang 5-15% pada campuran semen + *fly ash* bila dibandingkan dengan semen murni. Pengurangan air pada campuran agregat akan menyebabkan peningkatan faktor air semen. Karena apabila faktor air semen lebih tinggi, maka akan diperoleh pula kuat tekan mortar yang lebih tinggi pula (Maryoto, 2008).

Menurut (Mulyono, 2004), abu terbang (*fly ash*) memiliki kadar silikat dan aluminat yang reaktif yang dapat dimanfaatkan untuk mengikat kapur bebas ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) dari hasil sampingan antara air dan semen menjadi tobermorite.

*Fly ash* digolongkan menjadi dua macam menurut jenis batubara yang digunakan, yaitu tipe C dan tipe F. *Fly ash* tipe C berasal dari hasil pembakaran batubara jenis *Lignite* atau Sub-bituminos sedangkan *fly ash* tipe F dihasilkan dari *anthracite* atau bituminos. Selain itu *fly ash* tipe C berwarna lebih terang (putih) bila dibandingkan tipe F yang berwarna lebih gelap (Abu-abu), hal ini dikarenakan jumlah karbon yang tidak terbakar didalam *fly ash* tipe C lebih banyak dari pada tipe F.

Tabel 3.3 Pembagian Senyawa Kimia dalam Tiap Jenis *Fly Ash*

Senyawa Kimia	Jenis F (%)	Jenis C (%)
Oksida Silika (SiO <sub>2</sub> ) + Oksida Alumina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) + Oksida Besi (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), minimum %	70,0	50,0
Kalsium Oksida (CaO)	≥ 10	< 10
Trioksida Sulfur (SO <sub>3</sub> ), Maksimum %	5,0	5,0
Kadar Air, maksimum %	3,0	3,0
Kehilangan Panas, Maksimum %	6,0	6,0

### 3.6 Pengujian Kuat Tekan Beton

Berdasarkan SNI 03-1974-1990 yang dimaksudkan dengan kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin uji tekan.

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur yang di rancang, semakin tinggi pula mutu yang dihasilkan (Mulyono,2004).

Persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai kuat tekan beton adalah:

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

Keterangan:  $f'c$  = kuat tekan beton (MPa)

A = luas bidang desak benda uji (mm<sup>2</sup>)

P = beban tekan (N)

Nilai kuat tekan beton didapat dari pengujian standar dengan benda uji yang lazim digunakan berbentuk silinder. Dimensi benda uji silinder standar adalah tinggi 30 cm, diameter 15 cm.

### 3.7 Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas merupakan tolak ukur dari sifat elastisitas suatu bahan yang berhubungan dengan mudah tidaknya beton mengalami deformasi saat mendapat beban. Semakin besar nilai modulus elastisitas maka semakin kecil regangan yang terjadi karena modulus elastisitas berbanding terbalik dengan nilai regangan.

Modulus elastisitas adalah perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk persatuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan itu (Murdock dan Brook, 1986). Dalam SNI-03-2847-2013 dijelaskan untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas beton digunakan rumus sebagai berikut :

$$E_c = W_c^{1.6} (0.043) \sqrt{f'_c} \quad (3-2)$$

Keterangan :  $E_c$  = modulus elastisitas (MPa)  
 $W_c$  = berat beton ( $\text{Kg} / \text{m}^3$ )  
 $f'_c$  = mutu beton (MPa)

Umumnya modulus tekan pada 25% sampai 50% dari kekuatan tekan ( $f'_c$ ) diambil sebagai modulus elastisitas (Wang dan Salmon, 1986).