

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Beton

Berdasarkan SNI – 03 – 2847 – 2012, beton merupakan campuran dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air serta tanpa atau dengan bahan tambah (*admixture*).

Menurut Tjokrodimuljo (2007) beton banyak digunakan sebagai bahan bangunan. Beton diperoleh dengan m,encampurkan agregat dan semen *portland*, dengan air. Campuran tersebut dapat ditambah dengan bahan kimia / non-kimia, serat atau dengan bahan mineral lainnya dengan perbandingan tertentu. Beton mempunyai kuat tekan yang tinggi namun namun memiliki kuat tarik yang rendah. Beton segar adalah beton yang dapat diaduk, dapat diangkut, dapat dituang, dan dipadatkan serta cenderung tidak terjadi pemisahan pasir, kerikil, air maupun semen dari adukan.

3.2. Beton Serat

Beton Serat (*fibre concrete*) didefinisikan sebagai bahan beton yang dibuat dari dari bahan campuran semen, agregat kasar, agregat halus, air dan sejumlah serat yang tersebar secara acak dalam matriks campuran beton segar (Hannant 1978 dalam Choirul 2016).

Menurut Suhendro (1998), keuntungan penambahan serat dalam adakun beton yaitu :

1. Daktilitas yang berhubungan dengan penyerapan energi.
2. Ketahanan terhadap beban kejut (*impact resistance*).
3. Ketahanan terhadap gaya tarik dan momen lentur.
4. Ketahanan terhadap kelelahan
5. Ketahanan terhadap susut
6. Ketahanan terhadap ausan, fragmentasi, dan *spalling*.

3.3. Bahan Penyusun Beton

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari beberapa bahan penyusun, diantaranya adalah :

3.3.1. Semen Portland

Menurut SNI-15-2049-2004, semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lainnya.

Dalam SNI-15-2049-2004, berdasarkan jenis dan penggunaan, semen dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu :

1. Jenis I, yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada semen jenis lain.

2. Jenis II yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan terhadap sulfat dan kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi yang rendah.
5. Jenis V, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi terhadap sulfat.

Bahan dasar semen portland terdiri dari bahan-bahan yang mengandung unsur kimia seperti yang tercantum pada Tabel 3.1

Tabel 3.1. Susunan unsur semen portland

Unsur	Komposisi (%)
Kapur (CaO)	60-65
Silika (SiO ₂)	17-25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3.0-8.0
Besi (Fe ₂ O ₃)	0.5-6.0
Magnesia (MgO)	0.5-4.0
Sulfur (SO ₃)	1.0-2.0
Soda/potash (Na ₂ O+K ₂ O)	0.5-1.0

Sumber : Tjokrodimuljo, 2007

3.3.2. Air

Air merupakan salah satu bahan utama dari pembuatan beton. Air digunakan sebagai pereaksi semen serta sebagai bahan pelumas antar agregat sehingga adukan beton mudah dikerjakan. Penambahan air yang berlebihan dapat menurunkan mutu

beton dan menyebabkan *bleeding* (lapisan air tipis yang mengurangi lekatan antara lapis – lapis beton).

Menurut Tjokrodimuljo (2007), air yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen hanya sekitar 25%-30% dari berat semen, namun pada kenyataannya jika nilai faktor air semen kurang dari 0,35 maka adukan beton akan sulit dikerjakan. Meskipun demikian, jumlah air untuk pelicin pada adukan beton tidak boleh terlampaui banyak untuk menghindari beton porous yang mengakibatkan kekuatan menjadi rendah.

Air yang digunakan sebagai bahan campuran beton sebaiknya memenuhi syarat sebagai berikut (Tjokrodimuljo, 2007):

- a. Air harus bersih.
- b. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter.
- c. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton, asam, zat organik lebih dari 15 gram/liter.
- d. Tidak mengandung klorida atau $Cl > 0,5$ gram/liter.
- e. Tidak mengandung senyawa sulfat > 1 gram/liter.

3.3.3. Agregat

Agregat merupakan material pengisi beton sebesar ± 75 % dari volume beton. Agregat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu agregat kasar dan agregat halus. Dalam campuran beton, agregat diperhitungkan dalam kondisi SSD (*saturated surface dry*) yaitu keadaan dimana permukaan agregat kering namun bagian dalamnya terisi penuh oleh air. Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam penggunaan

agregat yaitu bentuk agregat, tekstur permukaan butir, ukuran maksimum agregat dan gradasi. Agregat untuk beton ringan juga memiliki beberapa spesifikasi tertentu yang berbeda dengan agregat beton normal. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan berdasarkan jenis agregat.

a. Agregat Kasar

Standar pengujian agregat kasar untuk beton ringan mengacu pada ASTM C330 dan SNI 03-2461. Pada bahan penyusun agregat kasar terdapat syarat yang harus terpenuhi sebagai bahan konstruksi antara lain sebagai berikut:

1. tidak mengandung lumpur lebih dari 2%,
2. tidak mengandung zat organik tinggi,
3. untuk gradasi butir agregat kasar sebaiknya memiliki variasi ukuran butir,
4. nilai modulus halus butir antara 6,0- 7,1,
5. berat satuan volume maksimum 880 kg/m^3 ,
6. pada pengujian keawetan agregat maksimum 12%.

b. Agregat Halus

Standar pengujian agregat halus untuk beton normal mengacu pada ASTM C33 dan SNI 5-04-1989-F. Pada bahan penyusun agregat halus terdapat syarat yang harus terpenuhi sebagai bahan konstruksi antara lain sebagai berikut:

1. tidak mengandung lumpur lebih dari 5%,
2. tidak mengandung zat organik tinggi,
3. memiliki modulus halus butir berkisar antara 2,3 – 3,1,
4. maksimum penyerapan air 3%.

Berdasarkan SK SNI T-15-1990-03, tingkat kekasaran pasir dibedakan menjadi 4 kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir kasar, pasir agak kasar, pasir agak halus, dan pasir halus. Penjelasan lebih lengkap dapat dilihat pada tabel 3.2

Tabel 3.2 Batas – Batas Gradasi untuk Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber: SK SNI T-15-1990-03

Menurut Tjokrodinuljo (2007) agregat kasar dibedakan menjadi 3 berdasarkan berat jenisnya, yaitu :

1. Agregat normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antar 2,5–2,7 gram/cm³. Agregat ini biasanya berasal dari granit, basal, kuarsa dan lain sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat 2,3 gram/cm³ dan biasa disebut beton normal.

2. Agregat berat

Agregat berat adalah agregat yang berat jenisnya lebih dari 2,8 gram/cm³, misalnya magnetit (Fe₃O₄), barites (BaSO₄) atau serbuk besi. Beton

yang dihasilkan mempunyai berat jenis yang tinggi yaitu sampai dengan 5 gram/cm^3 yang digunakan sebagai dinding pelindung.

3. Agregat ringan

Agregat ringan adalah agregat yang berat jenisnya kurang dari 2 gram/cm^3 misalnya tanah bakar (*bloated clay*), abu terbang (*fly ash*), busa terak tanur tinggi (*foamed blast furnace slag*). Agregat ini biasanya digunakan untuk beton ringan yang biasanya dipakai untuk elemen non-struktural.

3.3.4. Serat PET (*Polyethylene Terephthalate*)

Bambang (2008) *Polyethylene terephthalate* (PET) merupakan polyester termoplastik yang diproduksi secara komersial melalui produk kondensasi yang dikarakterisasi dengan banyaknya ikatan ester yang didistribusikan sepanjang rantai utama polimer. *Polyethylene terephthalate* (PET) merupakan bahan dasar dari botol minuman plastik, dengan nama IUPAC-nya Polioksi etilen neooksitereftaol.

Adapun sifat mekanik dari *Polyethylene terephthalate* (PET) adalah sebagai berikut :

- a. Kuat tarik (tensile strength) : (48,3-72,4) MPa
- b. Kuat tekan (compressive strength) : -59,3 Mpa
- c. Modulus elastisitas (modulus of elasticity) : (0,40-0,60) x 10^6 psi
- d. Ketahanan retak (fracture Toughness) : 7-12 MPa $\text{m}^{0.5}$

Beberapa jenis bahan serat yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat pada beton telah dilaporkan oleh ACI Committee 544-1984. Bahan serat tersebut pada dasarnya terbagi atas serat baja, plastik, kaca, dan serat alami.

Masing-masing serat (fiber) tersebut memiliki sifat dan kekuatan yang berbeda-beda, seperti yang dapat dilihat dalam tabel 3.3. Serat tersebut dicampur ke dalam adukan beton dengan persentase penambahan serat yang bervariasi. Dengan penambahan serat tersebut diharapkan dapat memberikan perbaikan terhadap kinerja kekuatan geser serta sifat-sifat lain pada beton yang menguntungkan.

Tabel 3.3 Sifat Berbagai Macam Serat (Mindess et al., 2003)

Tipe Serat	Diameter	Berat	Modulus	Kuat Tarik	Regangan
	(mm)	Jenis	Elastisitas (GPa)	(MPa)	Batas (%)
Baja	5-500	7,84	200	0,5-2,0	0,5-3,5
Kaca	9-15	2,60	70-80	2-4	2,0-3,5
<i>Asbestos</i>					
<i>Crocidolite</i>	0,02-0,40	3,4	196	3,5	2,0-3,0
<i>Chrysotile</i>	0,02-0,4	2,6	164	3,1	2,0-3,0
<i>Polypropylene</i>	6-200	0,91	5-77	0.15-0,75	15
<i>Aramid (Kevlar)</i>	10	1,45	65-133	3,6	2,1-4,0
<i>Carbon</i>					
<i>Polyacrylonitrile</i>	7-9	1,6-1,7	230-380	2,5-4,0	0,5-1,5
<i>Pitch</i>	9-18	1,6-2,15	28-480	0,5-3,0	0,5-2,4
<i>Nylon</i>	20-200	1,1	4,0	0,9	13-15
<i>Cellulose</i>	-	1,2	10	0,3-0,5	-
<i>Polyethylene</i>	25-1000	0,95	0,3	0,08-0,6	3-80
Sisal	10-50	1,5	13-26	0,3-0,6	3-5
Serat kayu (<i>pulp</i>)	25-75	1,5	71	0,7-0,9	-

3.3.5. Superplasticizer

Superplasticizer berfungsi untuk mengontrol dan menghasilkan nilai Slump yang optimal pada beton segar, sehingga dapat dihasilkan kinerja pengecoran beton yang baik. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan kadar *Superplasticizer* akan optimum digunakan pada kadar 2% dari berat semen (Pujianto, 2010).

Berdasarkan brosur PT.Sika Indonesia untuk produk *Sika ViscoCrete*, dosis pemakaian adalah sebesar 0,2% - 0,6% dari berat semen untuk campuran beton normal sedangkan untuk beton SCC (*self compnacting concrete*) digunakan dosis sebesar 0,6% - 1,6% dari berat semen. Dalam penelitian ini digunakan dosis paling rendah untuk campuran beton normal yaitu 0,2% dari berat semen.

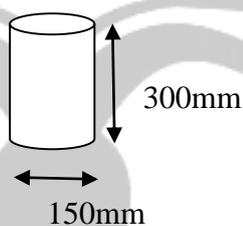
3.4. Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah besarnya kemampuan beton untuk menerima gaya tekan (aksial) persatuan luas. Kuat tekan beton dapat diuji dengan cara memberi beban tekan terhadap benda uji silinder secara bertahap, sampai benda uji mengalami keruntuhan (Hasanr dkk, 2013). Kuat tekan beton dihitung dengan rumus :

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

Keterangan

$f'c$	= kuat tekan (MPa)
P	= gaya tekan (N)
A	= luas tampang benda uji (mm ²)



Gambar 3.1 Benda uji silinder

Beton akan mempunyai kuat tekan yang tinggi jika tersusun dari bahan lokal yang berkualitas baik. Bahan penyusun beton yang perlu mendapat perhatian adalah agregat, karena agregat mencapai 70-75% volume beton (Dipohusodo, 1996).

Oleh karena kekuatan agregat sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton, maka hal-hal yang perlu diperhatikan pada agregat adalah:

- a. permukaan dan bentuk agregat,
- b. gradasi agregat, dan
- c. ukuran maksimum agregat.

Benda uji yang akan dipakai dalam penelitian ini adalah beton berbentuk silinder dengan ukuran tinggi 150 mm dan diameter 300 mm.

3.5. Modulus Elastisitas Beton

Menurut Mustikasari (2006) modulus elastisitas adalah suatu konstanta perbandingan yang merupakan kemiringan dari diagram tegangan-regangan dalam daerah elastis linier, dan harganya bergantung pada bahan tertentu yang digunakan.

Menurut Dipohusodo (1999), nilai modulus elastisitas beton tergantung pada nilai kuat tekan betonnya. Komposit dengan fiberpanjang lurus, modulus meningkat sesuai dengan konsentrasi fiber. Begitu pula dengan steel dan carbon fiber composites, kandungan fiber 10% dapat meningkatkan dua kali modulus young dari pasta semen non fiber (Briggs, dkk., 1974 dalam Mustikasari 2006).

Modulus elastisitas adalah perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk dalam satuan panjang sebagai akibat dari tekanan yang telah diberikan. Menurut SNI-03-1726-2002 dan SNI-03-2847-2002 untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas beton secara teoritis digunakan rumus sebagai berikut :

$$E_c = W_c^{1.5} (0,043) \sqrt{f'c} \quad (3-2)$$

Keterangan :

W_c = berat beton (kg/m^3)
 $f'c$ = mutu beton (MPa)

E_c = modulus elastisitas (Mpa)

Dan untuk beton dengan berat normal yang berkisar 2320 kg/m^3 sebagai berikut :

$$E_c = 4700\sqrt{f'c} \quad (3-3)$$

Sedangkan dalam pengujian langsung terhadap sample beton, modulus elastisitas dapat dihitung menggunakan rumus :

$$E = \frac{f}{\varepsilon} \quad (3-4)$$

dengan,

$$f = \frac{P_{maks}}{A_0} \quad (3-5)$$

$$\varepsilon = \frac{0,5x\Delta P}{P_0} \quad (3-6)$$

Keterangan : E = modulus elastisitas beton tekan (N/mm²)
 f = tegangan (MPa)
 ε = regangan
 P_{maks} = beban maksimum benda uji (N)
 P_0 = Panjang awal benda uji (mm)

3.6. Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah benda uji silinder beton adalah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan (Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton, SK SNI M60-1990-03).

Pengujian kuat tarik belah beton menggunakan benda uji berbentuk silinder beton dengan diameter 150 mm dan panjang 300 mm, diletakkan arah memanjang

atau horizontal diatas alat penguji. Kemudian diberi beban desak secara merata arah tegak lurus dari atas ke seluruh panjang silinder.

Berdasarkan Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton (SK SNI M60-1990-03), maka untuk mendapatkan nilai kuat tarik masing-masing benda uji menggunakan rumus seperti di bawah ini.

$$f_{ct} = \frac{2xP}{\pi xLxd} \quad (3-5)$$

Keterangan :

f_{ct}	= kuat tekan (MPa)
P	= gaya tekan (N)
L	= Panjang benda uji (mm)
D	= diameter benda uji (mm)

3.7. Faktor Air Semen

Faktor air semen merupakan rasio perbandingan antara berat air terhadap berat semen. Nilai FAS semakin besar maka jumlah berat air semakin tinggi dan akan menyebabkan rendahnya mutu beton, tetapi akan mempermudah pengerjaan. Begitu pula sebaliknya jika nilai FAS rendah. (Mulyono, 2004). Namun rendahnya nilai fas dapat diatasi dengan menggunakan bahan tambah kimiawi, yaitu *superplasticizer*. *Superplasticizer* menunda reaksi antara semen dan air sehingga adukan masih mudah dikerjakan hingga beberapa saat.

3.8. Slump

Nilai slump biasa digunakan untuk mengukur tingkat workability dan kekentalan suatu adukan beton segar. Nilai slump yang tinggi mengidentifikasi bahwa adukan beton segar tersebut memiliki tingkat *workability* yang tinggi dan

encer adukannya. Semakin rendahnya nilai slump maka akan semakin sulitnya pekerjaan beton atau *workability* yang rendah.

