

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*). Beton sering digunakan sebagai bahan bangunan – bangunan struktur gedung, jembatan, bendungan, maupun jalan. Beton merupakan bahan yang mudah diproduksi dan memiliki kuat desak yang baik, namun memiliki kuat tarik yang lemah sehingga biasanya penggunaan beton bersamaan dengan penggunaan tulangan baja yang memiliki kuat tarik cukup tinggi.

3.2 Beton Ringan

Beton ringan adalah beton normal yang memiliki berat satuan volume yang lebih rendah, yaitu antara 1190 kg/m^3 sampai 1920 kg/m^3 (berdasarkan ACI 213R-03). Beton ringan juga dibagi menjadi beberapa tipe yaitu beton ringan mutu struktural dan beton ringan mutu tinggi. Beton ringan mutu struktural harus memiliki kuat desak minimum sebesar 17 MPa, sedangkan beton ringan mutu tinggi harus memiliki kuat desak minimum sebesar 40 MPa pada umur 28 hari.

Pada penelitian ini standar beton ringan mengacu pada ASTM C 330. Sebagai beton ringan yang diharapkan mencapai mutu struktural harus memiliki kuat desak minimal sebesar 17 MPa dan berat jenis $1120 - 1920 \text{ kg/m}^3$ dengan campuran agregat beton ringan dan agregat beton normal.

Berdasarkan SNI – 03 – 2847 – 2012, Beton yang mengandung agregat ringan dan berat volume setimbang, sesuai ASTM C567, antara $1140 - 1840 \text{ kg/m}^3$.

Menurut Tjokrodinuljo (1992), beton ringan dibedakan menjadi beberapa tipe berdasarkan agregatnya yaitu sebagai berikut ini.

- a. Beton agregat ringan : beton ringan yang memiliki agregat kasar dan agregat halus ringan
- b. Beton busa : beton ringan yang dicampur dengan bahan pengembang dengan menambahkan udara pada adukan beton
- c. Beton tanpa agregat halus (non pasir) : beton ringan yang tidak mengandung agregat halus

Berdasarkan SK SNI T-03-3449-2002, kuat desak minimum dan jenis agregat ringan terdapat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Kuat desak Minimum dan Jenis Agregat

Kontruksi Bangunan		Beton Ringan		Jenis Agregat Ringan
		Kuat desak (Mpa)	Berat Isi (kg/m ³)	
Struktural	Minimum	17,24	1400	Agregat yang dibuat melalui proses pemanasan batu
	Maksimum	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 vermikulit
	Maksimum	-	8000	

Sumber: SK SNI T-03-3449-2002

3.3 Kuat Desak Beton

Kuat desak beton merupakan kekuatan beton untuk menerima beban tiap satuan luas. Kuat desak beton merupakan nilai yang paling utama sehingga menjadi

mutu beton tersebut, semakin tinggi mutu maka kuat desak beton semakin besar.(Mulyono, 2004)

Kuat desak beton dinilai akan berada pada tegangan tertinggi setelah mencapai umur 28 hari. (Dipohusodo, 1996).

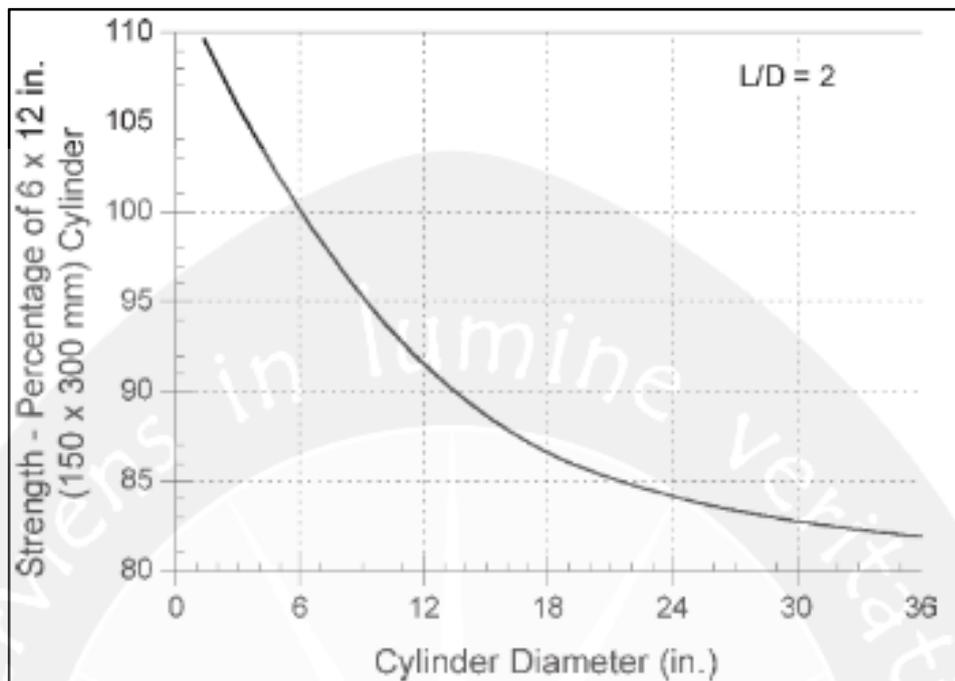
Pengujian nilai kuat desak beton dilakukan di laboratorium dengan menggunakan benda uji silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Rumus untuk mendapatkan nilai kuat desak beton berdasarkan percobaan di laboratorium sebagai berikut :

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

Keterangan :

- f_c' = Kuat desak beton (MPa)
- P = Beban tekan (N)
- A = Luas penampang benda uji (mm²)

Benda uji standar di lapangan yang digunakan adalah silinder dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm, seiring modernnya zaman dimensi benda uji dapat diperkecil dengan menggunakan cetakan silinder diameter 10cm x 20cm yang membutuhkan bahan lebih sedikit namun dengan penggunaan agregat tidak melebihi 1/3 dari diameter silinder tersebut. Berdasarkan teori yang ada perbedaan ukuran cetakan benda uji akan mempengaruhi kuat desak beton sehingga diperlukan suatu faktor kali seperti gambar 3.1.



sumber: Ozyldirim dan Carino, 2006

Gambar 3.1 Pengaruh Diameter Silinder Terhadap Kuat Desak Beton

3.4 Kuat Tarik-Belah Beton

Kuat tarik-belah beton merupakan kuat tarik tidak langsung dari silinder beton. Pengujiannya dilakukan dengan meletakkan silinder beton sejajar dengan penampang mesin desak, lalu didesak dengan mesin desak dan dibaca hasilnya.

Nilai kuat tarik-belah beton berkisar 9% - 15% dari kuat desaknya. Pada konstruksi, umumnya penggunaan beton diperkuat dengan tulangan besi baja sebagai bahan yang dapat menahan kuat tarik (Dipohusodo, 1994).

Pengujian nilai kuat tarik-belah beton dilakukan di laboratorium dengan menggunakan benda uji silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Berdasarkan metode pengujian kuat tarik-belah beton SK SNI M-60-1990-03, rumus untuk mendapatkan nilai kuat tarik-belah beton berdasarkan percobaan di laboratorium sebagai berikut :

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \quad (3 - 2)$$

Keterangan:

- f_{ct} = Kuat tarik-belah beton (MPa)
 P = Beban tekan (N)
 L = Panjang benda uji silinder (mm)
 D = Diameter benda uji silinder (mm)

3.5 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan nilai perbandingan antara tegangan dan regangan suatu bahan. Nilai modulus elastisitas dapat diperoleh dari pengujian dengan menggunakan rumus :

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

Keterangan :

- E = Modulus elastisitas beton (Mpa)
 σ = Tegangan (Mpa)
 ε = Regangan

Berdasarkan SNI 2847 – 2013 tentang persyaratan beton struktural pada gedung dijelaskan bahwa nilai modulus elastisitas teoritis untuk beton diizinkan diambil nilai sebesar:

$$E = W_c^{1,5} 0,043 \sqrt{f_c'} \quad (3 - 4)$$

atau

$$\text{Untuk Beton Normal: } E = 4700 \sqrt{f_c'} \quad (3 - 5)$$

Keterangan :

- E = Modulus Elastisitas (Mpa)
 W_c = Berat jenis beton antara 1440 – 2560 (kg/m³)
 f_c' = Kuat desak beton rencana (Mpa)

Nilai modulus elastisitas dapat ditentukan berdasarkan dari pengujian pada 25 – 50 % dari nilai modulus sekan beton. Berdasarkan hal tersebut maka nilai modulus dapat dihitung berdasarkan rumus berikut : (Wang & Salmon, 1986)

$$E = \frac{0,3f_c'}{\varepsilon_{0,3}} \quad (3 - 6)$$

Keterangan :

- E = Modulus elastisitas beton (Mpa)
 f_c' = Kuat desak beton maksimum (Mpa)
 $\varepsilon_{0,3}$ = regangan pada saat 0,3 tegangan maksimum beton

3.6 Kadar Penyerapan Air

Kadar penyerapan air merupakan persentase penyerapan air dalam beton. Beton yang memiliki kadar penyerapan air besar merupakan beton yang kurang baik digunakan sebagai beton bertulang karena dapat meningkatkan terjadi korosi pada tulangan baja. Korosi pada tulangan baja disebabkan oleh air yang masuk ke dalam beton karena tingkat permeabilitas beton yang tinggi. Pengujian kadar penyerapan air dapat dihitung dengan rumus :

$$w = \frac{w_w - w_s}{w_s} \times 100\% \quad (3 - 7)$$

Keterangan :

- w = Persentase Penyerapan air
 w_w = Berat beton SSD (Kg)
 w_s = Berat beton kering oven (Kg)

Berdasarkan SNI 03 – 2914 – 1990 tentang spesifikasi beton bertulang kedap air, beton dapat dikategorikan beton kedap air apabila beton normal direndam air dan memenuhi syarat sebagai berikut

- a. beton direndam selama $10 \pm 0,5$ menit ditimbang, resapan maksimum 2,5% dari beton kering oven,
- b. beton direndam selama 24 jam, resapan maksimum 6,5% dari berat kering oven.

3.7 Bahan Penyusun Beton

Dalam adukan beton ringan terdapat berbagai agregat penyusun dan bahan tambah, antara lain:

3.7.1 Semen *Portland*

Semen Portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker, terutama yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambah (PUBI, 1982). Fungsi semen ialah sebagai perekat agregat menjadi massa yang kompak atau padat serta mengisi rongga-rongga pada beton sebesar 10% dari volume beton.

3.7.2 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 (1992) pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi syarat sebagai berikut:

- a. tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gr/liter,

- b. tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gr/liter,
- c. tidak mengandung Klorida(Cl) lebih dari 0,5 gr/liter,
- d. tidak mengandung senyawa sulfat dari 1 gr/liter.

3.7.3 Agregat

Agregat merupakan material pengisi beton sebesar $\pm 75\%$ 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

Dalam penelitian ini agregat kasar yang digunakan adalah agregat kasar untuk beton ringan. 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

Dalam penelitian ini agregat halus yang digunakan adalah agregat halus untuk beton normal. 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. Daerah I merupakan pasir kasar, daerah II merupakan pasir agak kasar, daerah III merupakan pasir agak halus, dan daerah IV merupakan pasir halus.

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 (1990) berdasarkan berat jenisnya, agregat halus secara umum dapat dibedakan menjadi 3 tipe.

1. Agregat berat memiliki berat jenisnya lebih dari 2,8. Agregat ini berasal dari *Magnetic* (Fe_3O_4), Barites (BaSO_4) atau serbuk besi.
2. Agregat normal memiliki berat jenisnya antara 2,5 sampai 2,7. Agregat ini berasal dari agregat granit, basalt, kuarsa.
3. Agregat ringan memiliki berat jenisnya kurang dari 2 dan biasanya digunakan untuk bagian non struktural.

3.7.4 Silica Fume

Newman dan Choo (2003), *silica fume* atau sering disebut dengan mikrosilika memiliki beberapa karakteristik yaitu memiliki kandungan SiO_2 sebesar 85%, partikelnya berukuran 0,1 – 0,2 micron, partikelnya berbentuk bola dan memiliki minimum *specific surface* 15000 m^2/kg . Dosis *silica fume* sebagai bahan tambah yang biasa digunakan sebesar 8 – 10% dari berat semen. Adanya penambahan *silica fume*, maka kebutuhan air meningkat untuk menjaga *workability*-nya. Sehingga, penggunaan *silica fume* biasanya bersamaan dengan

penggunaan *superplasticizer* guna menjaga tingkat *workability*. *Silica fume* memiliki sifatnya sebagai pozzolan dan berguna mengurangi kadar pori dari adukan beton.

Berdasarkan brosur PT.Sika Indonesia untuk produk *Sika fume*, dijelaskan bahwa penggunaan yang disarankan adalah 3% - 10% dari berat semen. Penggunaan *sika fume* ini dapat meningkatkan kuat tekan dan meningkatkan *workability* untuk beberapa saat.

3.7.5 Superplasticizer

Mamlouk dan Zaniewski (2011), *Superplasticizer* merupakan suatu bahan tambah kimiawi yang berfungsi sebagai *water reducer* namun tetap memberikan *workability* yang baik. Pengurangan air bisa mencapai 12% - 30% dan dapat meningkatkan nilai slump dari 75 mm menjadi 230 mm. Ketika *superplasticizer* digunakan, adukan beton segar hanya memiliki *setting time* selama 30 – 60 menit untuk mudah dikerjakan.

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 compacting 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.

3.8 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.

3.9 Nilai 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.

3.10 Gaya Gempa Dasar

Gaya gempa dasar merupakan gaya beban geser yang disebabkan karena adanya gempa yang terjadi pada lokasi bangunan tersebut berdiri dan terkadang menjadi penyebab utama keruntuhan suatu bangunan. Salah satu cara memperkecil gaya gempa dasar adalah dengan memperkecil bera sendiri bangunan tersebut. Secara empiris rumus gaya gempa dasar dapat dituliskan sebagai berikut.

$$V = \frac{CI}{R} \times W_t \quad (3 - 8)$$

Keterangan :

- V = Gaya gempa dasar (KN)
- C = Koefisien yang dipengaruhi oleh wilayah gempa
- I = Faktor keutamaan gedung
- R = Daktilitas
- W_t = Berat bangunan (KN)