

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton merupakan campuran antara semen *portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat (halus dan kasar) dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. (SNI 03-2847-2002, p.6).

2.1.1 Semen

Semen adalah bahan jadi yang mengeras jika diberi air (semen hidrolis), yang memiliki sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat (Nurlina, 2011,p.64). Jenis semen yang biasa dipakai untuk penelitian ini adalah semen *Portland* Tipe I (untuk pemakaian konstruksi biasa yang banyak digunakan untuk bangunan, dimana tidak diperlukan sifat khusus). (Nurlina, 2011,p.66-67

2.1.2 Agregat

Agregat digunakan sebagai bahan campuran untuk adonan beton yang nantinya akan diikat oleh semen. Pasir, kerikil, dan batu pecah merupakan agregat yang biasa digunakan sebagai campuran beton. Pemilihan agregat biasanya didasarkan pada mutu beton yang diinginkan. Secara garis besar agregat dibagi dua, yaitu halus dan kasar. Yang disebut agregat halus biasanya yang digunakan adalah pasir, sedangkan agregat kasar adalah batu pecah.

2.1.3 Air

Air sangat dibutuhkan untuk proses pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumas campuran agar mudah pengerjaannya (Nurlina, 2011, p.68)

2.1.4 FAS (Faktor Air Semen)

Faktor air semen (FAS) merupakan perbandingan antara jumlah air dengan jumlah semen dalam suatu campuran beton. Fungsi FAS, yaitu :

- a. Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan pada beton.
- b. Memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton (*workability*)

Semakin tinggi nilai FAS, mengakibatkan penurunan mutu kekuatan beton. Namun nilai FAS yang semakin menurun tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin

tinggi. Pada umumnya, nilai FAS yang diberikan minimum 0,4 dan maksimum adalah 0,65 (Tri Mulyono, 2004).

2.2 Beton Ringan

Beton ringan merupakan beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan tidak lebih dari 1900 kg/m^3 . Pada dasarnya beton ringan diperoleh dengan cara menambahkan pori-pori udara ke dalam campuran betonnya. Dalam proses pembuatan beton ringan, bahan yang digunakan untuk mengurangi berat beton yaitu dengan substitusi agregat. Agregat yang digunakan biasanya berasal dari batuan beku seperti *scoria* dan batu apung.

2.2.1 Batu Apung

Batu apung adalah batuan yang terbentuk ketika lava cair yang kaya SiO_2 dari letusan gunung berapi mendingin. Rentang kekuatan batu apung didasarkan dari sangat lemah dan berpori sampai kuat dan kurang berpori. Daya serap air dari batu apung berbeda-beda diukur berdasarkan ukura batu tersebut dan tingkat porositasnya. Batu apung sering digunakan dalam pembuatan beton ringan dikarenakan densitasnya yang rendah dan kekuatannya yang cukup tinggi. Beberapa sifat fisik batu apung akan ditunjukkan dalam tabel berikut.

Tabel 2.1

Sifat Fisik Batu Apung

Unsur	Kapasitas
Bobot isi ruang	$480\text{-}960 \text{ kg/cm}^3$
Peresapan air	16,67%
Berat Jenis	$0,8 \text{ gr/cm}^3$
Hantaran Suara	Rendah
Ratio kuat tekan terhadap beban	Tinggi
Konduktivitas terhadap api	Rendah
Ketahanan terhadap api	s/d 6 jam

(Sumber: Batuan dan Mineral, 1987)

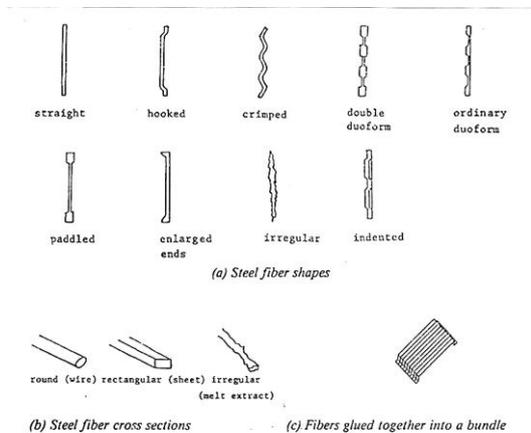
2.3 Beton Serat

Beton serat didefinisikan sebagai bahan beton yang terbuat dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar dan sejumlah kecil serat/*fiber* (ACI Committee 544, 1982). Bahan-bahan tambahan berupa serat (*fiber*) yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat beton antara lain baja, plastik, kaca, karbon serta serat dari bahan alami seperti ijuk, rami maupun serat dari tumbuhan lain (ACI, 1982)

Banyak sifat beton yang dapat diperbaiki dengan penambahan serat diantaranya adalah dengan meningkatnya daktilitas, ketahanan *impact*, kuat tarik dan lentur, ketahanan terhadap leleh, ketahanan terhadap susut dan ketahanan terhadap pengelupasan. Beberapa serat yang biasa digunakan dalam campuran beton adalah serat baja, serat *polypropelene*, serat kaca, serat karbon dan serat kawat.

2.3.1 Serat Logam

Serat ini biasanya terbuat dari bahan baja karbon atau serat baja tahan karat, dengan spesifikasi kuat tarik minimum dalam ASTM adalah 40-400 MPa, modulus elastisitas sekitar 200GPa, perpanjangan batas 0,5-35, spesifik gravity 7,8. Kelebihan serat ini adalah kekuatan dan modulus elastisitasnya yang tinggi. Ada beberapa jenis *fiber* baja yang biasa digunakan (Soroushian dan Bayasi, 1991) :



Gambar 2.1 Berbagai tipe bentuk serat baja

Sumber: (Soroushian dan Bayasi, 1991)

2.4 Pemanfaatan Serat dalam Campuran Beton

Beberapa penelitian yang menggunakan serat sebagai tambahan adukan beton diantaranya adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2

Berbagai Penelitian Tentang Beton Serat

Nomor	Peneliti	Jenis Serat	Kesimpulan
-------	----------	-------------	------------

Nomor	Peneliti	Jenis Serat	Kesimpulan
1.	Brigg, Bowen, Kolleyck (1979)	Serat Karnon	Bila $l/d > 100$, penyebaran serat tidak merata, bila $l/d < 100$ ikatan beton dan serat tidak baik
2.	Naan dan Najam (1991)	Serat Baja	Sumbangan.mekanis <i>pull out</i> serat baja <i>deform</i> pada mortar besarnya > 100 kali dibanding serat polos
3.	Bayasi dan Seng (1993)	Serat <i>Poly-propelene</i>	Presentase volume serat $< 0,5\%$ tidak mempengaruhi <i>workability</i> , sedangkan apabila volume serat $> 0,5\%$ mempengaruhi <i>workability</i>
4.	Suhendro (1997)	Serat Baja Kawat	Balok beton <i>fiber</i> memiliki kuat lentur dan retak meningkat 20% dibanding <i>non-fiber</i> baik sebelum atau sesudah pembebanan
5.	Sudarmoko (2002)	Serat Baja Harex	Nilai <i>slump</i> menurun dari rata-rata 5,75 cm (non serat) menjadi 0,75 cm (serat 0,49%)
6.	Dessy Chrysnawaty dan Sylvany (2002)	Serat Kain Sintetis	Kuat lentur beton mengalami peningkatan sampai konsentrasi serat 1%. Kuat tekan beton meningkat sampai konsentrasi serat 0,5%.
7.	Ananta Ariatama (2005)	Serat kawat berkait	Kuat tekan meningkat 14,67% dan kuat lentur meningkat 48,06%
8.	Iwan Rustendi (2013)	Serat Potongan Kaleng Kemasan	Kuat tekan meningkat 30,65% dari beton normal dan kuat tarik belah meningkat 49,69% dari beton normal
9.	Luhut Parulian Bagariang dan Nursyamsi	Serat Limbah Kaleng Bekas dan	Kuat tekan meningkat 8,3% dari beton normal dan kuat tarik belah meningkat 18,414% dari beton normal

Nomor	Peneliti	Jenis Serat	Kesimpulan
		Penambahan <i>Fly Ash</i>	
10.	Saiyed Faraz Abbas Zaidi, Mohd. Afaque. Khan dan Abhishek Kumar (2016)	Serat Limbah Botol Minuman Kaleng	Kuat tekan meningkat 41,25% dari beton normal dan kuat tarik belah meningkat 40,81% dari beton normal

2.5 Sifat Mekanik Beton

2.5.1 Kuat Tekan

Kuat tekan pada beton merupakan kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan pada beton mengidentifikasikan mutu atau kualitas dari beton. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki atau, semakin tinggi pula mutu beton atau kualitas beton yang dihasilkan (Mulyono, 2005).

Nilai kuat tekan beton dihasilkan dari pengujian kuat tekan benda uji silinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) sampai hancur. Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah Standar Nasional Indonesia (SNI, 2011, p.8). Tegangan tekan beton merupakan perbandingan antara beban yang mampu ditahan oleh benda uji silinder dengan luas penampang alas silinder.

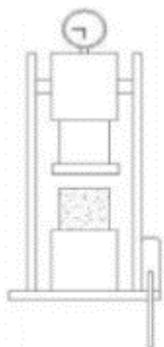
$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2 - 1)$$

dengan :

$f'c$ = Tegangan tekan beton (N/mm²)

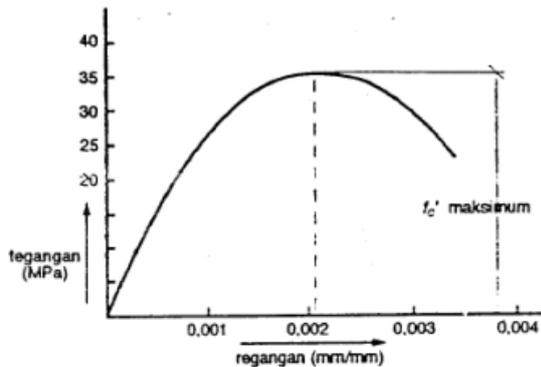
P = Besar gaya yang mampu ditahan silinder (N)

A = Luas penampang silinder (mm²)



Gambar 2.2 Uji kuat tekan beton

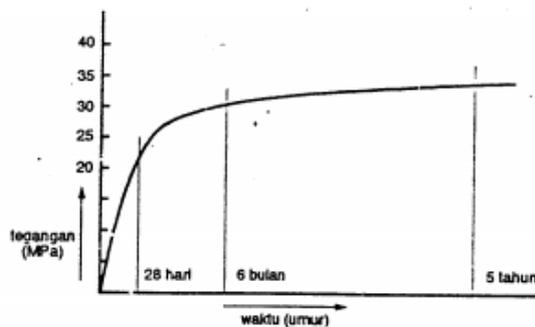
Kuat tekan masing-masing benda uji didapatkan dari tegangan tekan tertinggi (f'_c) menggunakan mesin uji dengan peningkatan beban tekan bertingkat dan dengan kecepatan pembebanan tertentu. Tegangan tekan (f'_c) beton yang dihasilkan bukan pada saat beton hancur, namun ketika tegangan maksimum beton mencapai regangan (ϵ_b) mencapai nilai $\pm 0,002$.



Gambar 2.3 Tegangan tekan benda uji beton

Sumber: (Istimawan, 1996, p.7)

Nilai kuat tekan beton beragam sesuai dengan umurnya, biasanya pada beton normal kuat tekan beton ditentukan pada umur 28 hari setelah pengecoran. Pada umur 7 hari kuat tekan beton mencapai 70% dari umur 28 hari, dan pada umur 14 hari kuat beton mencapai 85% - 90% dari kuat beton umur 28 hari.



Gambar 2.4 Diagram hubungan kuat beton dengan umur beton

Sumber: (Istimawan, 1996, p.9)

2.5.2 Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah pada beton tidak berbanding lurus dengan kuat tekan beton. Kuat tarik bahan beton normal hanya berkisar antara 9% - 15% dari kuat tekannya (Istimawan, 1996, p.10). Pembebanan benda uji tarik belah beton dilakukan dengan cara meletakkan benda uji silinder mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan kemudian diberi beban merata sesuai dengan tinggi silinder (SNI 03-2491-2002). Tegangan tarik yang timbul sesaat benda uji silinder terbelah disebut *split cylinder strength*.

$$f_t = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots (2-2)$$

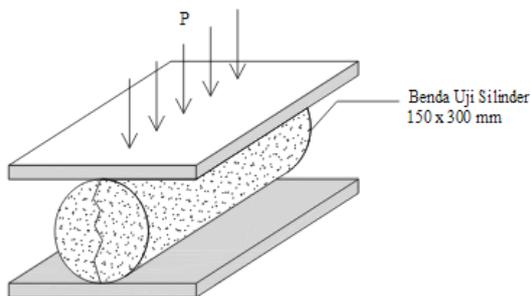
dengan :

f_t = Kuat tarik belah beton (N/mm²)

P = Beban maksimum (N)

L = Tinggi silinder beton (mm)

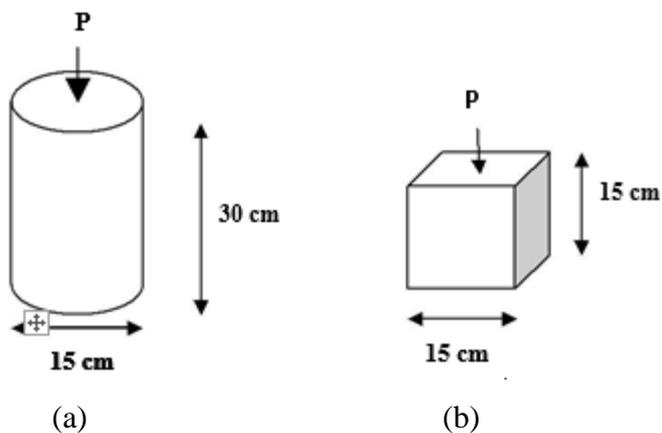
D = Diameter benda uji silinder (mm)



Gambar 2.5 Uji kuat tarik belah beton silinder

2.5.3 Tegangan dan Regangan

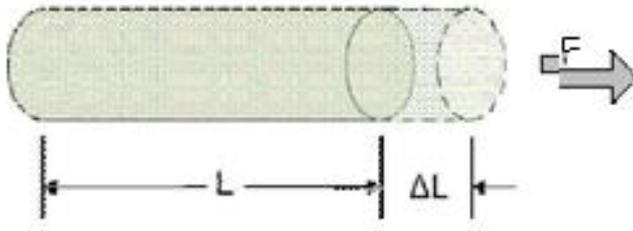
Tegangan didefinisikan sebagai tahanan terhadap gaya-gaya luar. Intensitas gaya yaitu gaya per satuan luas disebut tegangan (*tensile*) dan diberi notasi huruf Yunani “ σ ” (*sigma*). Apabila sebuah benda uji ditarik dengan gaya P , maka tegangannya adalah tegangan tarik (*tensile stress*), sedangkan apabila ditekan, maka terjadi tegangan tekan (*compressive stress*).



Gambar 2.6 Sampel benda uji (a) beton silinder (b) beton kubus.

Jika suatu benda ditarik atau ditekan, gaya P yang diterima benda mengakibatkan adanya ketegangan antar partikel dalam material yang besarnya berbanding lurus. Perubahan tegangan partikel dalam material mengakibatkan adanya pergeseran struktur material regangan atau himpitan yang besarnya juga berbanding lurus. Karena ada pergeseran pada benda uji, maka terjadilah deformasi bentuk material misalnya

perubahan Panjang menjadi $L + \Delta L$ (jika ditarik) atau $L - \Delta L$ (jika ditekan). Dimana L adalah panjang awal suatu benda dan ΔL adalah perubahan panjang yang terjadi pada benda tersebut. Rasio perbandingan antara ΔL (perubahan panjang) dengan L (panjang awal) inilah yang disebut dengan *strain* (regangan) yang dilambangkan dengan “ ϵ ” (*epsilon*).



Gambar 2.7 Regangan (strain)

2.5.4 Modulus Elastisitas

Modulus Elastisitas adalah perbandingan dari tekanan yang diberikan ke benda uji dengan perubahan bentuk per satuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan (Murdock dan Brook, 1999). Modulus elastisitas juga tergantung pada umur beton yang di uji, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran dari benda uji (Wang & Salmon, 1994). Berikut adalah rumus rumus modulus elastisitas yang biasa digunakan :

- a. Menurut Eurocode 2 (1992)

$$E_c = \frac{0,4 f'c}{\epsilon (0,4 f'c)} \dots\dots\dots (2 - 3)$$

dimana :

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

ϵ = Regangan aksial (mm/mm)

$f'c$ = kuat tekan beton umur 28 hari (MPa)

- b. Menurut ASTM C469

$$E_c = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1} \dots\dots\dots (2 - 4)$$

dimana :

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

σ_1 = Tegangan untuk regangan 0,00005

σ_2 = Tegangan 40% dari tegangan hancur ultimate

$\epsilon_1 = 0,00005$

ε_2 = Regangan yang menghasilkan σ_2

c. Menurut SK SNI T-15-1991 :

Ada dua rumus yang tertulis pada SK SNI T-15-1991, dan pembagiannya berdasarkan berat isi dari beton. Yang pertama apabila $1500 \leq W_c \leq 2500 \text{ kg/m}^3$ maka :

$$E_c = 0,043 \times W_c^{1,5} \times f'_c{}^{0,5} \dots\dots\dots(2 - 5)$$

Sedangkan apabila $W_c = \pm 2300 \text{ kg/m}^3$ maka :

$$E_c = 4700 \times f'_c{}^{0,5} \dots\dots\dots(2 - 6)$$

dimana :

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

W_c = Berat isi beton (kg/m^3)

f'_c = Kuat tekan beton berumur 28 hari (MPa)

d. Menurut TS 500 (Turkey Standart)

$$E_c = (3250 \times \sqrt{f'_c}) + 14000 \dots\dots\dots(2 - 7)$$

dimana :

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

f'_c = kuat tekan beton berumur 28 hari (MPa)

Rumus empiris untuk beton normal pada umumnya modulus elastisitas diambil sebesar $4700 \sqrt{f'_c}$. Pengujian modulus elastisitas biasanya menggunakan *extensometer* atau *strain gauge*. Namun pada penelitian ini, peneliti menggunakan alat *extensometer* untuk menguji modulus elastisitas beton. Pembacaan regangan pada *dial extensometer* dilihat untuk setiap penambahan beban dengan interval tertentu.



Gambar 2.8 Uji modulus elastisitas menggunakan *extensometer*

Sumber : Dokumentasi Penelitian pada saat membuat *sample* beton

2.5.4.1 Extensometer

Extensometer adalah alat untuk mengetahui perubahan panjang yang terjadi pada suatu benda uji sehingga dapat diketahui nilai tegangan dan regangan yang terjadi pada setiap pembebanan dengan persamaan-persamaan. Menghitung regangan yang terjadi dengan Persamaan :

$$\text{Regangan } (\varepsilon) = \frac{\Delta l}{l} \times 10^{-3} \dots\dots\dots(2 - 8)$$

dengan :

Δl = Penurunan arah longitudinal

l = Tinggi beton relative (jarak antar dua *ring dial*) = 195 mm

$\times 10^{-3}$ = Konversi satuan dial *extensometer* dari μm ke mm

Menghitung tegangan yang terjadi dengan Persamaan :

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2 - 9)$$

dengan :

σ = Tegangan (MPa)

P = Beban yang diberikan (N)

A = Luas tampang melintang (mm^2)

2.5.4.2 Strain Gauge

Strain Gauge adalah alat yang digunakan untuk mengukur tegangan atau berat pada suatu benda uji. *Strain gauge* memanfaatkan sifat konduktansi elektrik. Gaya yang diberikan pada suatu benda logam (material *ferrit* / konduktif), selain menimbulkan deformasi bentuk fisik juga menimbulkan perubahan sifat resistansi elektrik benda tersebut dengan menempelkan atau merekatkan jenis material tersebut pada suatu benda uji (*speciment*) menggunakan perekat yang isolatif terhadap arus listrik, maka material tadi akan menghasilkan adanya perubahan resistansi yang nilainya sebanding terhadap deformasi bentuk benda uji.

Kegunaan *strain gauge* untuk mengukur tekanan ataupun berat suatu objek, contohnya:

1. Digunakan pada pengukur berat badan digital.
2. Alat pengukur pertambahan retakan pada pondasi/dinding bangunan

Menghitung regangan yang terjadi dengan Persamaan :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta R/R}{K} \dots\dots\dots(2 - 10)$$

keterangan:

ε = Regangan

L = Panjang mula-mula

ΔL = Perubahan panjang material

R = Resistansi mula-mula

ΔR = Perubahan Resistansi

K = Konsanta Perbandingan/*Gauge Factor*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)