

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1. Beton**

Beton pada umumnya merupakan campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang membentuk masa padat (SK SNI T-15-1990-03:1). Beton sangat umum digunakan pada konstruksi bangunan karena memiliki beberapa kelebihan diantaranya yaitu bahan baku yang cenderung mudah di dapat, beton itu sendiri mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi, mampu memikul beban yang sangat berat karena memiliki kuat tekan yang besar serta biaya pemeliharaan yang kecil. Sedangkan kelemahan pada beton itu sendiri adalah mempunyai kuat tarik yang lemah sehingga dapat menyebabkan retak – retak. Pada perkembangan di dunia konstruksi berikutnya mulai diciptakan beton dengan mutu tertentu yang dapat menyesuaikan kebutuhan penggunaannya yang lebih spesifik dengan menambahkan beberapa zat khusus, misalnya bahan kimia (aditif), *pozzolan*, serat atau bahan substitusi campuran beton. Misalnya, beton yang berhubungan dengan air maupun bangunan air tentunya harus memiliki sifat kedap air, beton yang kontak langsung dengan sulfat harus memiliki sifat anti sulfat (anti karat), beton untuk elemen non-struktural haruslah digunakan beton ringan, dan lain sebagainya ((Tjokrodimulyo, 2007).

### **3.2 Bahan Penyusun Beton**

Bahan pembuatan dari beton serat yang peneliti buat tidak jauh berbeda dengan bahan-bahan penyusun beton pada umumnya, hanya terdapat beberapa bahan-bahan tambahan yang digunakan selain semen *portland*, pasir, kerikil, dan air, yaitu *Conplast RP264*, dan potongan-potongan serat *polypropylene*.

#### **3.2.1 Semen portland**

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dibuat dengan cara menggiling terak semen *portland* terutama yang terdiri dari kalsium silikat yang bersifat *hidrolisis* dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan dapat ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 15-2049-2004). Semen *portland* adalah jenis semen yang paling umum digunakan untuk bahan campuran beton, adukan encer, bahan penambal, plester dinding dan lain sebagainya. Semen dapat digunakan dalam berbagai kondisi dengan sifatnya yang tertentu. Semen apabila dicampur air akan menjadi pasta semen, sedangkan jika semen dicampur dengan pasir dan air akan menjadi mortar semen, dan apabila dicampur dengan *split* atau kerikil (agregat kasar) disebut beton. Bahan-bahan tersebut dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu bahan aktif dan bahan pasif. Bahan aktif yaitu semen dan air, sedangkan yang pasif yaitu kerikil dan pasir (disebut agregat, agregat kasar dan agregat halus). Kelompok yang aktif disebut dengan bahan perekat/pengikat sedangkan yang pasif disebut dengan bahan pengisi

Fungsi semen adalah merekatkan butir-butir agregat agar menjadi suatu massa yang kompak/padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat.

Dalam semen Portland terdapat beberapa senyawa, diantaranya kalsium oksida (CaO), silikon oksida (SiO<sub>2</sub>), aluminium oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan oksida besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Senyawa tersebut didapat dari dari beberapa bahan mentah dan bahan tambahan. Bahan mentah *portland* semen adalah :

1. Batu kapur

Memiliki kandungan kalsium oksida (CaO) sebesar ±50%

2. Batu Silika

Memiliki kandungan silikon oksida (SiO<sub>2</sub>) sebesar ±65%, aluminium oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) sebesar ±17% dan oksida besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) sebesar ±7%

3. Tanah Merah

Memiliki kandungan aluminium oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) sebesar ±29% dan oksida besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) sebesar ±10%

Bahan tambah semen Portland adalah pasir besi dan gypsum, pasir besi berguna sebagai *flux* pada pembakaran dan memberikan warna pada semen sedangkan gypsum ditambahkan untuk memperbaiki sifat dan kualitas semen. Semen Portland menurut jenis dan penggunaannya dapat dibagi menjadi 5 macam menurut (SNI 15-2049-2004), yaitu :

1. Jenis I yaitu semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis II yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III 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 rendah

5. Jenis V yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

### 3.2.2 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami ataupun buatan yang berfungsi sebagai bahan pengisi (pasif) dalam campuran mortar dan beton. Agregat menempati sekitar 70% volume yang ada pada mortar atau beton. Walaupun hanya bahan pengisi, tetapi agregat akan sangat berpengaruh terhadap sifat beton yang dibuat, karena hal tersebut pemilihan agregat menjadi cukup penting dalam pembuatan mortar ataupun beton. Agregat harus mempunyai bentuk yang baik (bulat atau mendekati kubus), keras, kuat, bersih, dan gradasinya baik.. Agregat bisa dibedakan berdasarkan ukuran pada butir-butirnya. Secara umum, agregat dibedakan menjadi agregat kasar dan agregat halus, yaitu:

1. Agregat kasar

Agregat kasar adalah kerikil / batu yang didapatkan dari hasil disintregasi alami batuan atau merupakan berupa batu pecah yang didapatkan dari tempat pemecahan batu. Ukuran butir agregat kasar berkisar antara 5 mm sampai 40 mm (SNI-03-2847-2002).

2. Agregat halus

Perbedaan antara agregat kasar dan agregat halus terletak pada ukuran butirnya. Agregat halus adalah pasir yang juga berasal dari hasil disintregasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang didapatkan dari tempat pemecahan batu yang mempunyai ukuran maksimal 5 mm (SNI-03-2847-2002).

berdasarkan berat jenisnya agregat bisa diklasifikasikan menjadi 3 jenis, yaitu agregat normal (biasa) , agregat berat dan agregat ringan.

Agregat biasa adalah agregat dengan berat jenis antara 2,5 dan 2,7. Jenis agregat ini berasal dari kuarsa, basal, granit, dll. Beton yang dihasilkan memiliki berat jenis  $\pm 2,3$  dan kuat tekan antara 15 MPa dan 40 MPa, yang disebut beton biasa. Agregat berat adalah agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari 2,8 misalnya serbuk besi, magnetik ( $FE_3O_4$ ) *barytes* ( $BaSO_4$ ) dll. Beton yang dihasilkan juga berat jenisnya mencapai 5, agregat ini efektif sebagai bahan pengisi beton dinding pelindung tahan radiasi sinar X

Terakhir, agregat ringan adalah agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 dan biasanya dibuat untuk beton ringan. Berat beton kurang dari 1800  $kg/m^3$ . Beton ringan biasanya dipakai untuk elemen non struktural, akan tetapi bisa juga dipakai untuk beton *structural* atau blok dinding beton. Kelebihannya adalah berat sendiri yang lebih ringan menyebabkan keseluruhan struktur menjadi lebih ringan dan fondasi yang diperlukan lebih kecil di banding beton normal.

Bila suatu agregat kering beratnya  $W$ , maka diperoleh berat jenisnya (bj) adalah:

$$b.j. = W / Vb \quad (3-1)$$

Keterangan:  $W$  = Berat Kering  
 $Vb$  = Volume butiran agregat.

### 3.2.3 Air

Air adalah salah satu bahan dasar pembuatan beton yang paling murah dan namun juga sangat penting. Air menjadi sangat penting karena akan bereaksi dengan semen Portland menjadi pasta semen dan berfungsi sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan.

Air yang memenuhi persyaratan air minum otomatis memenuhi persyaratan campuran beton, namun bukan berarti air campuran beton harus sepenuhnya

memenuhi persyaratan air minum. Secara umum air yang dapat digunakan untuk bahan pencampur beton mengacu pada air yang dapat menghasilkan beton yang kekuatannya melebihi 90% dari kekuatan beton dibandingkan dengan penggunaan air suling (Tjokrodimulyo, 2007).

Daya tahan dan kekuatan beton akan berkurang jika air mengandung kotoran. Pengaruh pada beton diantaranya pada lamanya waktu ikatan awal adukan beton, serta kekuatan betonnya setelah mengeras.

Syarat air sebagai bahan bangunan sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Tidak mengandung lumpur (tanah) lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

#### **3.2.4 Bahan tambah campuran beton**

bahan tambahan adalah suatu bahan berupa bubukan atau cairan, yang dibubuhkan ke dalam campuran beton selama pengadukan dalam jumlah tertentu untuk merubah beberapa sifatnya (SNI 03-2495-1991). Fungsi bahan tambah adalah diantaranya kemudahan pengerjaan (peningkatan *workability*), mempercepat atau memperlambat waktu pengikatan, sifat pengerasan pada beton, kedapapan (tahan permeabilitas air), dan menambah keawetan beton . Menurut Tjokrodimulyo (2007), bahan tambahan dibedakan menjadi beberapa jenis, diantaranya yaitu:

### 1. *Chemical Admixture*

*Chemical Admixture* adalah bahan yang tambah di luar bahan pokok penyusun beton untuk beton yang dicampurkan pada adukan beton, untuk memperoleh sifat-sifat khusus dalam pengerjaan adukan, waktu pengikatan, waktu pengerasan, dan maksud-maksud lainnya. Menurut SNI 03-2495-1991 bahan kimia tambahan dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu sebagai berikut.

- a. tipe A adalah bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran untuk menghasilkan beton dengan konsistensi yang telah ditetapkan
- b. tipe B adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk memperlambat waktu pengikatan beton;
- c. tipe C adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mempercepat waktu pengikatan dan menambah kekuatan awal beton;
- d. tipe D adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan dan juga untuk memperlambat waktu pengikatan beton;
- e. tipe E adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang telah diterapkan namun juga untuk mempercepat waktu pengikatan dan menambah kekuatan awal beton;
- f. tipe f adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang telah diterapkan dan juga untuk mempercepat waktu pengikatan serta menambah kekuatan awal beton;
- g. bahan tambahan tipe G adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran sebesar 12% atau lebih, untuk menghasilkan

beton sesuai dengan konsistensi yang telah ditetapkan dan juga untuk memperlambat waktu pengikatan beton;

## 2. Serat

Beton yang ditambahkan dengan serat disebut beton serat. Serat dapat berasal dari alam maupun buatan manusia. Beberapa jenis serat yang dapat diterapkan dalam pembuatan beton serat yaitu serat plastik, serat baja, serat tumbuh-tumbuhan, serat kaca dan asbestos. Penambahan serat dimaksudkan untuk menambah kuat tarik pada beton, menambah daktilitas, dan menambah ketahanan beton terhadap retak. Serat *polypropylene* merupakan serat yang tidak memiliki berat jenis yang rendah dan menyerap air dan memiliki berat jenis yang rendah, sehingga serat ini tidak mengubah fisik beton secara signifikan namun dapat mengubah sifat mekanik beton (Mulyono, 2004).

### **3.3. Beton Serat**

Beton serat adalah jenis beton yang mengandung serat-serat baik alami ataupun buatan yang ada pada campurannya. Beton serat dinilai mampu meningkatkan kuat tarik dan daktilitas beton. Pada umumnya, serat berupa batang dengan diameter 5 hingga 500 mikro meter dan memiliki panjang dari 25 hingga 100 mm (Mulyono 2004). Bahan serat bisa menggunakan kawat baja, serat plastik, serat asbestos, maupun serat tumbuh-tumbuhan berupa rami, bambu, ijuk. Beton dengan campuran serat dibuat dengan menambahkan semen Portland atau pengikat hidrolitik lainnya ke agregat halus, agregat kasar, air dan serat. Kinerja komposit beton sangat dipengaruhi oleh interaksi antara serat dan substrat beton.

Keuntungan dari berat jenis rendah dan penambahan serat alami dan buatan dalam campuran beton adalah daktilitas dalam kaitannya dengan berat jenis rendah dan penyerapan energi, resistensi dampak yang lebih tinggi (tahan benturan), kekuatan tarik yang lebih tinggi, gaya dan momen lentur, memiliki berat jenis dan kekuatan dan kontraksi yang rendah, serta lebih tahan terhadap keausan, fragmentasi, dan *spalling* (Suhendro,1998).

### **3.3.1. Serat *polypropylene***

Menurut Hasanr dkk, (2013) *polypropylene* adalah sebuah senyawa hidrokarbon yang memiliki rumus kimia  $C_3H_6$ , memiliki wujud berupa *filament* tunggal atau jaringan serabut tipis yang berbentuk jala, dengan panjang bervariasi antara 6 - 50 mm dan diameter 8-90 mikron. Bahan ini terurai bila dicampur dengan mortar dan beton kepadatan rendah, serta dapat meningkatkan kuat tarik, kuat lentur, dan kuat tekan beton (Arde, 2005). Serat *polypropylene* sering digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan produk plastik.

Penggunaan serat *polypropylene* memiliki beberapa keunggulan antara lain meningkatkan kekuatan rekat matriks beton, meningkatkan ketahanan terhadap erosi beton, meningkatkan ketahanan benturan, meningkatkan ketahanan terhadap masuknya air (*waterproof*) dan produk kimia dan yang terakhir adalah meningkatkan daya tahan Beton (Dina, 1999).

Kelemahan penggunaan serat ini menurut Adianto, dkk (2006) adalah memiliki sifat mudah terbakar sehingga meningkatkan porositas beton ketika beton terkena api. dan lemah terhadap oksigen dan sinar matahari, membuat serat mudah aus akibat radiasi ultraviolet yang disebabkan oleh sinar matahari dan oksidasi oleh oksigen di udara

### 3.3.2 Variabel beton serat

Dalam pembuatan beton serat ada beberapa variabel yang sangat berpengaruh terhadap beton serat yang dihasilkan (Ariatama 2007), diantaranya:

#### 1. *Fiber Volume Fraction*

Volume fraksi serat adalah volume serat yang ditambahkan pada per satuan volume beton. Tiap jenis serat mempunyai volume fraksi optimal masing-masing yang dapat memperbaiki sifat beton serat. Menurut Khairizal, dkk (2015), volume fraksi optimal serat *polypropylene* adalah  $0,4 \text{ kg/m}^3$

#### 2. *Fiber Aspect Ratio*

Aspek rasio serat adalah perbandingan antara panjang serat dengan diameter serat. penggumpalan serat membentuk seperti bola dapat terjadi dan persebaran serat yang tidak merata apabila penggunaan aspek rasio yang terlalu tinggi berpotensi karena menyebabkan terjadinya *balling effect*. Disarankan penggunaan serat dengan aspek rasio yang rendah yaitu di bawah 50 ( $l/d < 50$ ) (Sudarmoko, 1991)

#### 3. Bentuk Permukaan Serat

Sifat-sifat mekanik beton akan semakin baik apabila daya lekat antar seratnya juga baik. Semakin kasar permukaan fiber, semakin baik daya lekatnya karena tegangan beton akan disalurkan dari beton ke serat melalui lekatan yang terjadi sampai beton mengalami retak-retak.

#### 4. Mutu Beton

Penambahan serat pada beton menyebabkan tingkat *workability* yang rendah. Hal ini tentu akan menyulitkan pengerjaan di lapangan bila tidak diantisipasi. Penambahan bahan kimia tambahan seperti *superplasticizer* bisa menjadikan beton lebih mudah dikerjakan.

## 5. Metode Pencampuran

Penyebaran serat pada beton segar tergantung pada metode pencampurannya. Ada dua cara pencampuran yaitu pencampuran basah dan pencampuran kering yang keduanya dilakukan tergantung pada jenis *fiber* yang digunakan. Pencampuran kering adalah metode pencampuran dimana serat dicampurkan sebelum beton dituang air, sedangkan pencampuran basah adalah metode pencampuran dimana serat dicampurkan setelah beton dituang air.

### 3.4 Setting Time

*Setting time* adalah lamanya waktu yang diperlukan untuk melakukan proses hidrolis di mana beton segar dari keadaan cair berubah menjadi kaku secara homogen hingga satu waktu tertentu karakteristik pasta tidak berubah akibat masuknya fase reaksi hidrasi yang disertai dengan kenaikan suhu, terdapat dalam ASTM C 1117-89 . Secara umum waktu set beton terbagi menjadi 2, yaitu :

#### 1. *Initial Setting*

Merupakan proses pengerasan beton segar dimana proses hidrasi sudah terjadi dan panas hidrasi sudah muncul. *Workability* beton sudah hilang, ditandai dengan kenaikan suhu dengan cepat. Dalam ASTM C 403 ditetapkan bahwa waktu yang dibutuhkan dalam proses penetrasi sampai penurunan 25 mm disebut sebagai *initial setting time*.

#### 2. *Final Time*

Merupakan proses dimana beton segar sudah mengeras dengan sempurna dan sudah mencapai suhu puncak yang ditandai dengan hilangnya proses penetrasi benda uji *setting time*. Dalam ASTM C 403 ditetapkan bahwa waktu

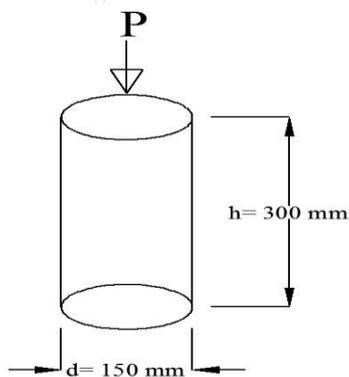
yang dibutuhkan dalam proses penetrasi sampai penurunan 0 mm atau sudah tidak terjadi penurunan sama sekali disebut *final setting time*.

### 3.5 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menyerap gaya tekan per satuan luas. Kuat tekan beton mencerminkan kualitas suatu struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur yang diinginkan maka semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004) Untuk menentukan nilai kuat tekan digunakan persamaan 3.2 sebagai berikut:

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (3-2)$$

keterangan  $f_c'$  = kuat tekan (MPa)  
 $P$  = gaya tekan (N)  
 $A$  = luas tampang benda uji ( $\text{mm}^2$ )



Gambar 3.1 Benda Uji Silinder

Beton berbentuk silinder dengan tinggi 300 mm dan diameter 150 mm digunakan sebagai benda uji dalam penelitian ini.

### 3.6 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah ukuran kekerasan atau kekakuan suatu bahan tertentu yang didapat dari perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per satuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan. Menurut Wang, dkk (1986) untuk menentukan modulus elastisitas digunakan rumus 3.3 sebagai berikut:

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

$$f = \frac{P}{A} \quad (3-4)$$

$$\varepsilon = \frac{(l-l_0)}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (3-5)$$

Keterangan :  $E$  = modulus elastisitas beton (MPa)

$\varepsilon$  = regangan

$F$  = tegangan (MPa)

$A$  = luas tampang beton (cm<sup>2</sup>)

$P$  = beban desak (kg)

$l_0$  = panjang awal benda uji (cm)

$L$  = panjang setelah waktu ada tegangan (cm)

$\Delta l$  = perubahan panjang benda uji (cm)

### 3.7 Kuat Tarik Belah

Berdasarkan metode pengujian kuat tarik belah beton (SNI 2491:2014), maka digunakan rumus 3.6 sebagai berikut untuk mendapatkan nilai kuat tarik belah masing-masing benda uji:

$$f't = \frac{2P}{\pi LD} \quad (3-6)$$

Keterangan :  $f't$  = kuat tarik belah beton (MPa)

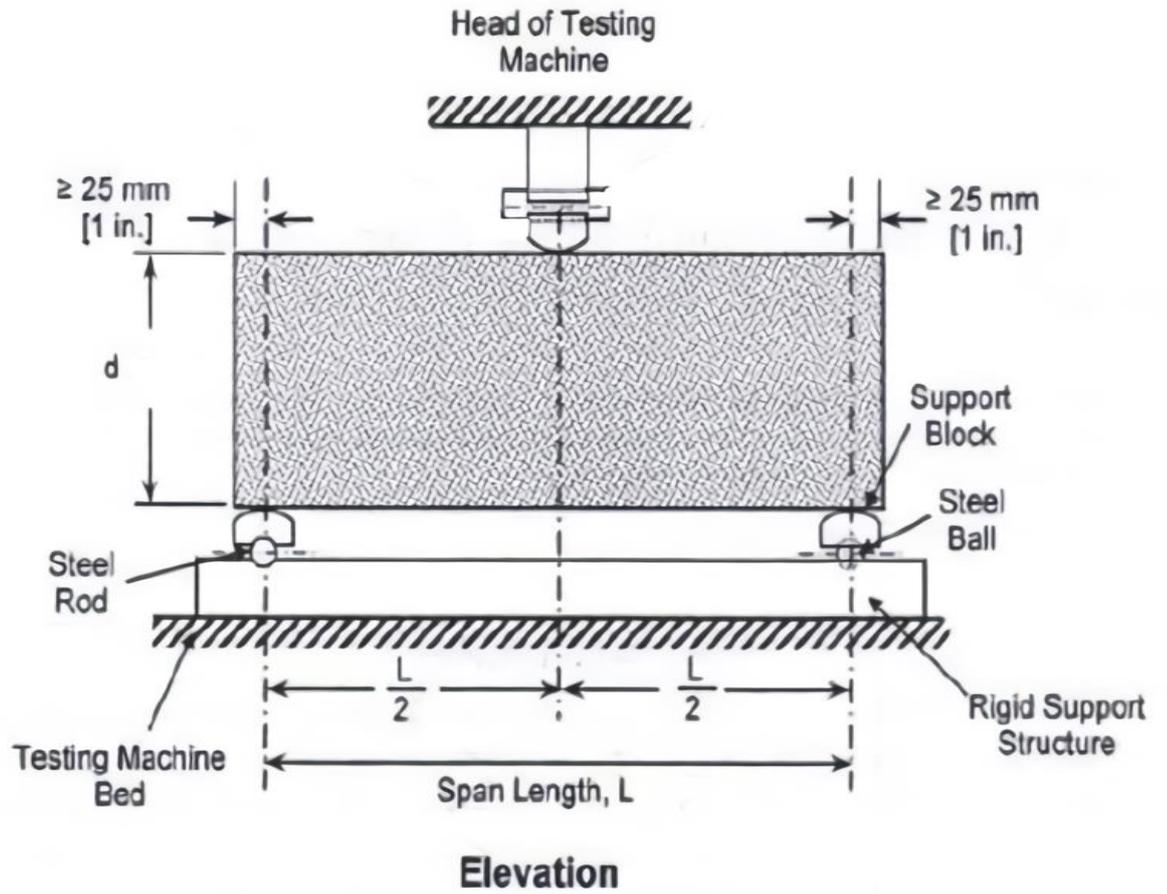
$P$  = beban maksimum (N)  
 $L$  = tinggi silinder beton (mm)  
 $D$  = diameter silinder beton (mm)

### 3.8 Kuat Lentur (*Modulus of Rupture*)

Kuat lentur balok adalah nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur dibagi dengan momen penahan penampang benda uji. Tata cara pengujian kuat lentur balok dengan dua titik beban diatur dalam SNI 03-4154-1996. Kuat lentur akibat keruntuhan di tengah bentang dapat dihitung dengan menggunakan rumus 3.7 sebagai berikut:

$$R = \frac{3 PL}{2 bh^2} \quad (3-7)$$

Keterangan :  $R$  = kuat lentur beton (MPa)  
 $P$  = beban maksimum (N)  
 $L$  = jarak antara dua garis perletakan (mm)  
 $b$  = lebar balok (mm)  
 $h$  = tinggi balok (mm)



Gambar 3.2 Benda Uji *Modulus of Rupture*