

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Beton

Beton merupakan bahan yang tersusun dari semen (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah (*admixture* atau *additive*). Pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1 % - 2 %, pasta semen (semen dan air) sekitar 25 % - 40 %, dan 60 % - 75 % diisi oleh agregat yang berupa agregat kasar dan halus. Kriteria perancangan beton harus sesuai dengan peraturan berdasarkan SNI (SK. SNI 4810: 2013) agar mendapatkan beton dengan kualitas baik sehingga harus memenuhi dua kinerja utamanya, yaitu kuat tekan yang tinggi (minimal sesuai rencana) dan mudah dikerjakan (*workability*). Selain itu beton yang dirancang harus memenuhi kriteria antara lain; tahan lama atau awet (*durability*), murah dan tahan aus (Mulyono, 2003).

B. Material Penyusun Beton

1. Semen *Portland*

Semen *portland* merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan *klinker*, terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium, dan gips sebagai bahan pembantu [Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan bangunan bukan logam), SK-SNI-S-041989-F]. Semen *portland* merupakan bahan ikat yang penting. Ketika semen bereaksi dengan air akan terbentuk adukan pasta semen, sedangkan jika ditambahkan dengan air kemudian ditambah pasir menjadi mortar dan jika ditambah dengan kerikil atau batu pecah disebut beton. Bahan-bahan tersebut dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu bahan aktif dan bahan pasif. Bahan aktif yaitu semen dan air, sedangkan yang pasif berupa agregat kasar dan agregat halus. Kelompok pasif disebut bahan pengisi sedangkan yang aktif disebut perekat atau lem. (Tjokrodimuljo, 2007)

2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai pengisi dalam campuran beton maupun campuran mortar. Walaupun agregat hanya sebagai bahan pengisi akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton/mortar.

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan didasarkan pada ukuran butir-butirannya. Agregat yang mempunyai ukuran butir-butir besar disebut agregat kasar, sedangkan agregat yang berbutir kecil disebut agregat halus. Sebagai batas ukuran butir kasar dan butir halus umumnya adalah 4,75 mm atau 4,80 mm. Agregat yang butirnya lebih besar dari 4,80 mm disebut agregat kasar, dan agregat halus lebih kecil dari 4,80 mm. Secara umum agregat kasar sering disebut sebagai kerikil, kericak atau batu pecah, sedangkan agregat halus disebut dengan pasir yang biasa berasal dari sungai, tanah galian, atau dari hasil pemecahan batu. Agregat yang butir-butirnya lebih kecil dari 1,20 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*. Menurut Tjokrodinuljo (2007) Dalam praktek agregat umumnya digolongkan menjadi 3 kelompok yaitu:

- a. Batu untuk besar butiran lebih dari 40 mm.
- b. Kerikil untuk butiran antara 5 mm dan 40 mm.
- c. Pasir untuk butiran antara 0,15 mm dan 5 mm.

3. Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat, dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air. Air yang berlebihan akan menimbulkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton. Untuk air yang tidak memenuhi syarat mutu 90 % jika dibandingkan dengan kekuatan beton yang menggunakan air standar atau suling (SNI 7974: 2013).

C. Self Healing Concrete

Bakteri *Bacillus* merupakan bakteri yang digunakan sebagai *Self Healing Concrete* dan agen perekatnya disebut dengan *BacillaFilla*. Cara kerja *bacterial concrete* adalah dengan memproduksi asam oksalat, dan oksigen. Pada saat air mulai masuk melalui celah-celah di dalam beton maka bakteri akan tumbuh menjadi kecambah, ketika kontak secara langsung dengan air, bakteri akan memakan asam oksalat kemudian menjadi batu kapur. Batu kapur tersebut akan

mengeras pada retakan di permukaan beton, sehingga menjadi menutupnya celah keretakan pada beton (Jonkers, 2010).

Penerapan penelitian *bacterial concrete* menggunakan bakteri *Bacillus* dengan aplikasi yang digunakan berbeda-beda yaitu: untuk semen mortar dan beton menggunakan bakteri *Bacillus* seperti *Bacillus Subtilis*, *Bacillus Cereus*, *Bacillus sp*, *Bacillus Pasteurii*, *Bacillus Sphaericus* (Vekariya, 2013).

D. Bakteri *Bacillus Subtilis*

Bakteri *Bacillus Subtilis* adalah bakteri positif berbentuk batang yang biasanya ditemukan didalam tanah. Bakteri ini mampu membentuk pertahanan diri yang kuat, dengan membentuk *endospore* yang dapat tahan pada kondisi lingkungan yang ekstrim (Nakano & Zuber, 1998).

Bacillus Subtilis tumbuh dengan suhu berkisar 25 – 35°C. *Bacillus Subtilis* juga telah berevolusi sehingga dapat hidup walaupun di bawah kondisi keras dan lebih cepat mendapatkan perlindungan terhadap situasi seperti kondisi pH rendah (asam). Keunggulan dari bakteri ini adalah mampu mensekresikan antibiotik dalam jumlah besar (Junaidi, 2010)

Kingdom : *bacteria*
Phylum : *firmicitus*
Class : *bacilli*
Order : *bacillales*
Family : *bacillaceae*
Genus : *bacillus*
Species : *bacillus subtilis*

E. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Kekuatan tekan beton dapat dilakukan menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder.

Kuat tekan beton dilakukan untuk mengetahui kekuatan tekan beton pada umur 28 hari yang telah direncanakan. Kuat tekan beton dapat dihitung:

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(3.1)$$

di mana:

P	: Gaya maksimum dari mesin tekan (N)
A	: Luas penampang yang telah diberi tekanan (mm^2)
f_c	: Kekuatan tarik dari hasil uji belah silinder beton (Mpa)
f_c'	: Kuat tekan (N/mm^2)
$f'c$: Kekuatan tekan beton yang disyaratkan (MPa)
$f'cr$: Kekuatan tekan beton rata-rata yang dibutuhkan, sebagai dasar pemilihan perancangan campuran beton
$f'ck$: Kekuatan tekan beton yang didapatkan dari hasil kubus 150 mm atau dari silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm (MPa). (Mulyono, 2004)

Tahapan pelaksanaan kontruksi beton yang telah dirancang campurannya harus diproduksi sesuai rencana sehingga memperkecil frekuensi terjadinya kuat tekan yang lebih rendah.

Ada empat bagian utama faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan beton yaitu:

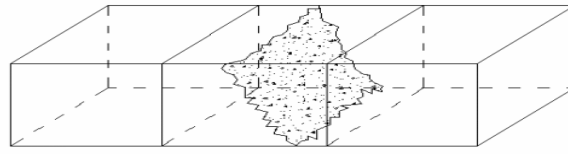
1. Penentuan proporsisi bahan-bahan penyusunya.
2. Metode perancangan.
3. Perawatan.
4. Keadaan pada saat pengecoran dilaksanakan.

F. Kuat Lentur Beton

Berdasarkan SNI 4431:2011 kuat lentur beton merupakan kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji sampa benda uji balok mengalami patah. Tata cara mengenai uji lentur beton dengan dua titik pembebanan. Untuk menghitung kuat lentur benda uji berupa balok digunakan rumus:

1. Untuk pengujian dimana bidang patah terletak di daerah pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), maka kuat lentur beton dihitung dengan menggunakan persamaan:

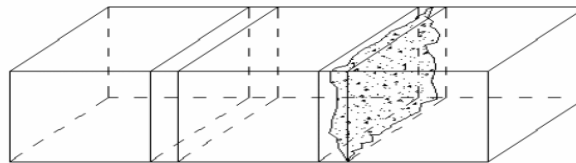
$$\text{Kuat lentur } (\sigma_1) = \frac{(P \times l)}{(b \times h^2)} \dots\dots\dots(3.2)$$



Gambar 3. 1 Balok pada patahan 1/3 bentang tengah
(SNI 4431: 2011)

2. Sedangkan untuk pengujian apabila patahnya benda uji ada di luar pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah) maka kuat lentur beton dihitung dengan persamaan:

$$\text{Kuat lentur } (\sigma_1) = \frac{(P \times a)}{(b \times h^2)} \dots\dots\dots(3.3)$$



Gambar 3.2 Balok pada patahan di luar 1/3 bentang tengah dan garis patah
(SNI 4431: 2011)

Dimana:

- σ_1 : Kuat lentur benda uji (MPa)
 P : Beban tertinggi pada mesin uji
 l : Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)
 b : Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)
 h : Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)
 a : Jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sudut dari bentang (mm)

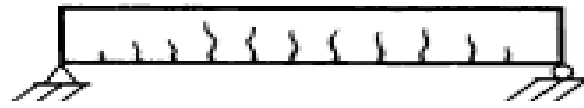
G. Pola Keretakan Beton Bertulang

Menurut Timoshenko (1987) ada 3 jenis keruntuhan balok yaitu:

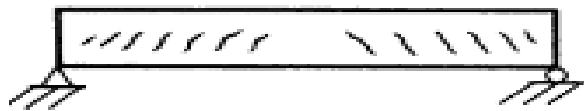
- Retak lentur merupakan retak vertikal yang memanjang dari sisi tarik balok dan mengarah keatas sampai daerah sumbu netralnya. Gambar keretakan lentur dapat dilihat pada Gambar 3.3 (a).
- Retak miring karena geser terjadi pada bagian balok beton bertulang baik retak bebas atau perpanjangan retak lentur. Hal ini terjadi pada

penampang dengan *flens* yang besar dan tipis. Retak miring dapat dilihat pada Gambar 3.3 (b).

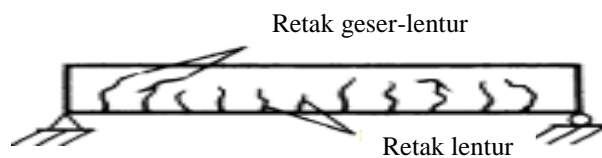
- c. Retak geser-lentur umumnya terjadi pada balok pra tegang dan non prategang. Retak geser-lentur dapat dilihat pada Gambar 3.3 (c).



(a). Retak lentur



(b). Retak geser-web

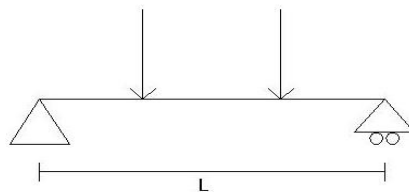


(c). Retak geser-lentur

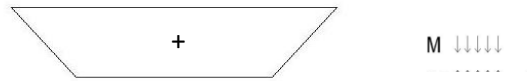
Gambar 3.3 Pola keretakan beton bertulang
(Timoshenko, 1987)

H. *Setting* Pengujian Balok

Pengujian harus merencanakan gaya geser (*shear*) dan momen lentur (*bending*). Gaya geser dan momen lentur terjadi akibat beban yang bekerja. Penelitian yang dilakukan dengan merencanakan gagal lentur/retak lentur dapat dilihat Gambar 3.4 (b) momen positif sehingga menyebabkan balok melengkung dengan jenis retak lentur, sedangkan gaya geser diperoleh netral dapat dilihat Gambar 3.4 (c)



(a). Gambar balok dua tumpuan



(b) Gambar BMD balok dua tumpuan



(c) Gambar SFD balok dua tumpuan

Gambar 3.4 Perencanaan hasil pengujian balok
(Hasil penelitian, 2017)