

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1. Beton

Beton dapat didefinisikan sebagai bahan konstruksi sintetis yang terdiri dari campuran agregat besar, pasir, semen dan air. Pengertian beton menurut SNI-2847-2013 adalah campuran semen portland atau semen hidrolik lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*). Seiring bertambahnya umur, beton akan semakin mengeras dan mencapai kekuatan desain pada umur 28 hari. Beton mempunyai sifat tekan dan tarik yang baik sehingga banyak digunakan di semua jenis struktur terutama struktur konstruksi, jembatan dan jalan.

Beton mengandung rongga udara sekitar 1% - 2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40%, dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60% - 75%. Untuk mendapatkan kekuatan yang baik, sifat dan karakteristik dari masing – masing bahan penyusun tersebut perlu dipelajari. Kekuatan beton akan semakin bertambah seiring dengan bertambahnya umur. Berdasarkan standar, karakteristik kuat tarik beton ditentukan ketika beton telah berumur 28 hari. Karena kekuatan beton akan naik secara cepat atau linier sampai umur 28 hari. Secara umum kelebihan dan kekurangan beton yaitu (Mulyono, 2005) :

1. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
2. Mampu memikul beban yang berat.
3. Tahan terhadap temperature tinggi.
4. Biaya pemeliharaan yang murah.
5. Bentuk yang dibuat sulit untuk diubah.

Penambahan serat kedalam adukan beton akan menurunkan kelecakan adukan secara cepat sejalan dengan penambahan volume *fraction* (konsentrasi serat) dan aspek rasio serat. Penurunan workability adukan dapat dikurangi dengan penurunan diameter maksimum agregat, peninggian faktor air semen, penambahan semen atau pemakaian bahan tambah.

Pemberian *fiberglass* dengan distribusi secara acak dalam adukan beton, dapat menahan perambatan dan pelebaran retak-retak pada beton. Sifat-sifat

mekanika beton serat kaca dipengaruhi oleh komposisi *fiberglass*, geometri dan pembuatan benda uji serta agregat. Adukan beton serat dapat dicampur dan dituang dengan peralatan konvensional dengan menggunakan *fiberglass*.

2.2. Bahan Penyusun Beton

2.2.1. Semen

Semen portland adalah salah satu bahan dasar utama yang sering digunakan dalam pembuatan beton. Semen portland berfungsi sebagai pengikat butiran agregat kasar, agregat halus, apabila ditambah dengan air sehingga menjadi satu kesatuan yang disebut beton segar. 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 (SNI-15-2049-2004, 2004).

Menurut (SNI-15-2049-2004, 2004) semen portland digolongkan atas beberapa jenis, yaitu :

- a. Jenis I, yaitu semen portland digunakan untuk umum dan tidak membutuhkan persyaratan khusus seperti jenis semen portland lainnya.
- b. Jenis II, yaitu semen portland yang penggunaannya membutuhkan ketahanan tinggi terhadap bahan kimia seperti sulfat dan kalor hidrasi sedang.
- c. Jenis III, semen portland yang penggunaannya membutuhkan kekuatan tinggi pada saat permulaan setelah pengikatan terjadi.
- d. Jenis IV, semen portland yang penggunaannya membutuhkan kalor hidrasi rendah.
- e. Jenis V, semen portland yang penggunaannya membutuhkan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

2.2.2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat menempati 70% volume mortar atau beton. Dari ukuran butiran agregat dibedakan menjadi dua yaitu ukuran butir besar atau disebut

agregat kasar dan ukuran butir kecil atau disebut agregat halus.

Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil deintegrasi alami dari batuan atau berupa pasir batuan yang dihasilkan oleh alat pemecah batu. Ukuran butiran pasir umumnya berkisar antara 0,15 mm dan 4,8 mm. Pasir yang baik adalah apabila butir-butirnya tajam dan kasar, tidak mengandung lumpur lebih 5 %, serta bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.

Pasir dapat digolongkan menjadi 3 macam (Tjokrodinuljo 1992)

1. Pasir dapat diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut berpori, dan bebas dari kandungan garam.
2. Pasir sungai diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus bulat-bulat akibat proses gesekan, sehingga daya lekat antar butir-butir berkurang. Pasir ini paling baik dipakai untuk memplester tembok.
3. Pasir laut diambil dari pantai, butir-butirnya halus dan bulat akibat gesekan. Banyak mengandung garam yang dapat menyerap kandungan air dari udara. Pasir laut tidak baik digunakan sebagai bahan bangunan

Agregat kasar adalah agregat yang ukuran butiran lebih besar dari 4,80 mm. Agregat kasar disebut juga sebagai kerikil, kerikak, batu pecah, atau split. Adapun syarat-syarat agregat kasar yang baik untuk bahan campuran beton, antara lain sebagai berikut:

- a. agregat kasar tidak boleh mengandung kadar lumpur yang maksimum 1%.
- b. agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang reaktif terhadap alkali.
- c. agregat kasar memiliki ukuran butir maksimum tidak boleh melebihi dari $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, $\frac{1}{3}$ tebal pelat beton, $\frac{3}{4}$ jarak bersih antar tulangan atau berkas tulangan.
- d. agregat kasar tidak mengandung butiran yang panjang dan pipih lebih dari 20%.
- e. agregat kasar memiliki kekekalan maksimum 12% bagian yang hancur jika diuji dengan natrium sulfat dan jika diuji dengan magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 18%.

Agregat halus adalah agregat yang memiliki ukuran butir lebih kecil dari 4,80 mm. Agregat halus disebut juga dengan pasir, pasir bisa diperoleh dari sungai, tanah galian atau dari hasil pemecahan batu. Syarat-syarat agregat halus yang baik digunakan untuk bahan campuran beton antara lain, sebagai berikut:

- a. agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%
- b. agregat halus tidak mengandung zat organik terlalu banyak, yang dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan 3% NaOH, yaitu warna cairan diatas endapan tidak boleh gelap dari warna standar atau pembanding
- c. agregat halus memiliki modulus butir halus antara 1,50-3,80.
- d. agregat halus tidak boleh reaktif terhadap alkali.
- e. kekekalan jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 10% dan jika di pakai magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 15%.

Umumnya orang akan menggunakan kerikil sebagai bahan pencampur (Agregat). Sifat yang paling penting dari suatu agregat adalah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan. Dua hal ini dapat mempengaruhi ikatan dengan pasta semen, porositas, serta keretakan beton. Agregat dapat dikelompokkan menjadi 2 tipe, yaitu agregat halus dan agregat kasar. Agregat (bahan pengisi) didalam adukan beton menempati 70% dari volume beton. Oleh karena itu, agregat akan mempengaruhi sifat sifat beton (Winansa & Setiawan, 2019).

2.2.3. Berat Agregat Campuran

Kebutuhan agregat campuran dihitung dengan cara mengurangi berat beton per meter kubik dikurangi kebutuhan air dan semen

$$W_{\text{Campuran}} = W_{\text{Beton}} - A - S \quad (2.1)$$

W_{campuran} : Kebutuhan Agregat Campuran (kg)

W_{beton} : Berat beton (kg/m^3)

A : Kebutuhan Air (litr)

S : Kebutuhan Semen (kg)

2.2.4. Berat Agregat Halus (Pasir)

Kebutuhan agregat campuran dihitung dengan cara mengurangi berat beton per meter kubik dikurangi kebutuhan air dan semen

$$W_{\text{pasir}} = \frac{p}{100} \times W_{\text{campuran}} \quad (2.2)$$

W_{pasir} : Kebutuhan Agregat Pasir (kg)

W_{campuran} : Kebutuhan Agregat Campuran (kg)

P : Persentase pasir terhadap campuran

2.2.5. Berat Agregat Kasar (Kerikil)

Kebutuhan agregat campuran dihitung dengan cara mengurangi berat beton per meter kubik dikurangi kebutuhan air dan semen

$$W_{\text{kerikil}} = W_{\text{campuran}} - W_{\text{pasir}} \quad (2.3)$$

W_{kerikil} : Kebutuhan Agregat Kasar (kg)

W_{pasir} : Kebutuhan Agregat Pasir (kg)

W_{campuran} : Kebutuhan Agregat Campuran (kg)

2.2.6. Koreksi Proporsi Campuran Beton

Setelah rancangan campuran beton selesai, perlu diingat bahwa yang akan digunakan dalam campuran beton adalah kondisi apa adanya, sehingga harus ada penyesuaian dengan rancangan yang sudah dibuat, maka dilakukan koreksi terhadap kebutuhan bahannya koreksi harus dilakukan minimum satu kali sehari.

Hitungan koreksi dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Air} : A - \frac{A_h - A_1}{100} \times B - \frac{A_k - A_2}{100} \times C \quad (2.4)$$

$$1. \text{ Agregat Halus} : B - \frac{A_h - A_1}{100} \times B$$

$$2. \text{ Agregat Kasar} : C + \frac{A_h - A_1}{100} \times C$$

2.2.7. Air

Air mempunyai beberapa fungsi yaitu sebagai media untuk pencampuran, mengecor dan memadatkan serta memelihara beton. Disamping itu juga air berfungsi sebagai bahan baku yang mengakibatkan terjadinya proses kimia, sehingga semen dapat bereaksi dan mengeras.

SNI 7974-2013 “Spesifikasi air pencampuran yang digunakan dalam produksi beton semen hidraulis (ASTM C1602-06, IDT)” dalam Pasal 4 ayat 1 s/d 3 mensyaratkan sebagai berikut :

- a. Air pencampur dapat meliputi:

1. Air untuk pengadukan (air yang ditimbang atau diukur di *Batching Plant*).
 2. Es.
 3. Air yang ditambahkan oleh operator truk.
 4. Air bebas pada agregat-agregat.
 5. Air yang masuk dalam bentuk bahan-bahan tambahan, apabila air ini dapat meningkatkan rasio air semen lebih dari 0,01.
 6. Air yang masuk dalam bentuk bahan-bahan tambahan, apabila air ini dapat meningkatkan rasio air semen lebih dari 0,01.
- b. Air minum boleh digunakan sebagai air pencampur beton tanpa di uji.
 - c. Air pencampur yang seluruh atau sebagian terdiri dari sumber-sumber air yang tidak dapat diminum atau air dari produksi beton boleh digunakan dalam setiap proporsi dengan batasan kualitas yang memenuhi persyaratan.

Air yang digunakan untuk proses pembuatan beton yang paling baik adalah air bersih yang memenuhi persyaratan air minum. Pada pengerjaan beton, air merupakan salah satu bahan yang diperlukan dalam pencampuran beton, karena mampu membantu mempercepat terjadinya proses kimia antara air dengan semen. Selain itu air juga berfungsi memudahkan pekerjaan pembuatan beton agar sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Air dalam dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti dari sungai, laut, dan sumur. Air yang dapat digunakan sebagai bahan pencampur pada pekerjaan beton adalah air yang tidak mengandung zat yang dapat menghalangi proses pengikatan antara semen dan agregat. Pada umumnya air yang tidak berbau dan dapat diminum dapat dipakai untuk campuran beton. Air yang digunakan untuk beton harus bebas dari asam, alkali, minyak atau bahan kimia lainnya.

2.3. Material Pembentuk Campuran Beton

Perkembangan teknologi yang luar biasa di bidang konstruksi menyebabkan para peneliti melakukan penemuan-penemuan baru yang menggantikan cara-cara manual (konvensional), terutama dengan memadukan bahan-bahan tambahan atau penguat.

Bahan-bahan yang digunakan dalam pencampuran beton yang digunakan sebagai bahan utama konstruksi adalah: semen, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambahan bila diperlukan. Dalam campuran ini, fiberglass akan digunakan sebagai bahan tambahan. Dalam memproduksi campuran beton, bahan yang digunakan harus berkualitas baik dan memenuhi persyaratan regulasi agar mampu menghasilkan beton dengan kuat tarik yang tinggi.

Selain semen, agregat halus, agregat kasar dan air, bahan-bahan lain yang dikenal sebagai campuran (*admixture*) dapat ditambahkan ke campuran beton segera sebelum atau ketika sedang mencampur. Campuran dapat merubah sifat dari beton agar dapat berfungsi lebih baik atau agar lebih ekonomis. Beberapa kegunaan penting dari campuran adalah sebagai berikut :

1. Meningkatkan daya tahan terhadap mutu beton.
2. Meningkatkan kelayakan tanpa menambahkan kadar air atau untuk mengurangi kadar air dengan kelayakan yang sama.
3. Untuk mempercepat perkembangan kekuatan pada usia dini.
4. Memperlambat kenaikan suhu.

Perencanaan komposisi campuran adukan beton normal menurut SNI 03-2834-2000 antara lain yaitu :

- a. Langkah penentuan kuat tarik beton diisyaratkan
Penentuan kuat tarik beton yang diisyaratkan pada umur 28 hari, penentuan perencanaan campuran beton harus didasarkan pada data-data sifat bahan yang akan dipergunakan dan susunan campuran beton yang diperoleh dari perencanaan ini harus dibuktikan melalui campuran yang menunjukkan bahwa proporsi tersebut dapat memenuhi kekuatan yang diisyaratkan.
- b. Langkah penentuan deviasi standart (s)
Faktor pengali untuk deviasi standar bila data hasil uji yang tersedia kurang dari benda uji. Untuk memberikan gambaran bagaimana cara menilai tingkat pengendalian mutu pekerjaan beton, dapat melihat tabel berikut :

Tabel 2. 1 Deviasi Standar Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan

Isi Pekerjaan		Deviasi Standar (MPa)		
Sebutan	Vol Beton (m ³)	Baik Sekali	Baik	Dapat diterima
Kecil	< 1000	4,5 < S < 5,5	5,5 < S < 6,5	6,5 < S < 8,5
Sedang	1000 – 3000	3,5 < S < 4,5	4,5 < S < 5,5	6,5 < S < 7,5
Besar	> 3000	2,5 < S < 3,5	3,5 < S < 4,5	6,5 < S < 6,5

(Sumber SNI 03-2834-2000)

c. Langkah perhitungan margin

Margin adalah nilai tambah yang dihitung berdasarkan nilai standar deviasi (sd)

$$M = k \times Sd \quad (2.5)$$

Dengan : M : Nilai Tambah (MPa)

k : Nilai konstanta

Sd : Deviasi Standar (MPa)

d. Langkah menetapkan kuat tekan beton rerata

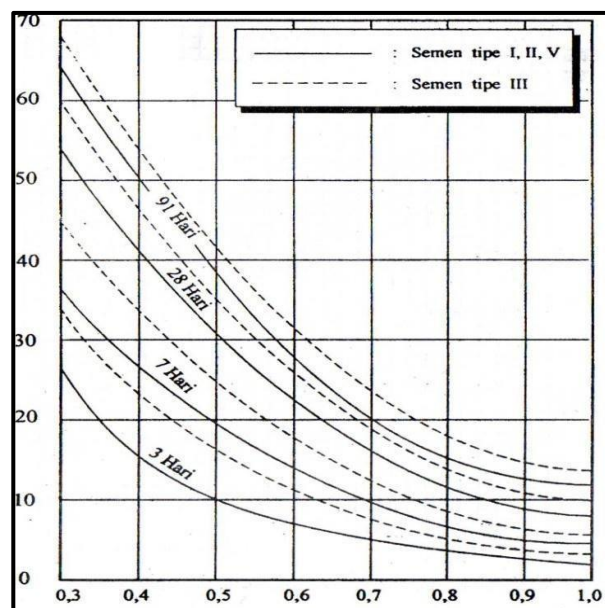
$$f'a = f'c \times M \quad (2.6)$$

Dengan : $f'a$: Kuat Tekan Rata-rata (MPa)

$f'c$: Kuat Tekan yang disyaratkan (MPa)

M : Nilai Tambah (MPa)

e. Langkah pemilihan faktor air semen (FAS)



Gambar 2. 1 Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton

Menetapkan nilai Faktor Air Semen (FAS) dapat dilakukan dengan menentukan kuat tekan rata-rata silinder beton yang direncanakan pada umur tertentu, berikut ini gambar hubungan fas dengan kuat tekan.

f. Langkah penetapan fas maksimum

Agar beton yang diperoleh awet maupun bertahan terhadap pengaruh kondisi lingkungan perlu ditetapkan nilai fas maksimum. Apabila nilai fas maksimum ini lebih rendah daripada nilai fas yang diperoleh dari langkah no 5, maka nilai fas maksimum ini digunakan untuk langkah selanjutnya.

g. Langkah penetapan nilai slump

Menetapkan nilai slump dengan memperhatikan jenis pekerjaan atau jenis strukturnya supaya proses pembuatan, pangangkutan, penuangan, pemadatan mudah dilaksanakan

h. Langkah penetapan besar butir agregat maksimum

Menentukan ukuran agregat maksimum berkaitan dengan jenis pekerjaan konstruksi beton, ukuran maksimum agregat kasar tidak melebihi diantara berikut:

- $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antara sisi cetakan.
- $\frac{1}{3}$ ketebalan pelat lantai.
- $\frac{3}{4}$ jarak bersih minimum antara tulangan-tulangan atau kawat-kawat, bundel tulangan, atau tendon-tendon pratekan atau selongsong-selongsong.

i. Langkah penetapan kadar air bebas

Kadar air bebas yang dibutuhkan tiap adukan beton berdasarkan dari ukuran agregat maksimum, jenis agregat, dan nilai slump. Apabila digunakan jenis agregat halus dan agregat kasar yang berbeda (alami dan pecah).

j. Langkah perhitungan perbandingan m agregat

Menentukan perbandingan antara agregat halus dengan agregat campuran berdasarkan ukuran butiran maksimum agregat kasar, nilai slump, fas dan daerah gradasi agregat halus.

- k. Langkah perhitungan berat jenis agregat gabungan. Berat jenis agregat campuran dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$B_{jc} = \frac{P}{100} \times B_{jh} + \frac{K}{100} \times B_{jk} \quad (2.7)$$

Dengan :

B_{jc} : Berat jenis agregat campuran

P : Presentase agregat halus terhadap agregat campuran

B_{jh} : Berat jenis agregat halus

K : Presentase agregat kasar terhadap agregat campuran

B_{jk} : Berat jenis agregat kasar

- l. Langkah perhitungan berat jenis beton

Menentukan berat jenis beton berdasarkan hasil hitungan berat jenis agregat campuran dan kebutuhan air tiap m^3 beton (Rancang & Santoso, 2012).

Berdasarkan SNI 7656:2012, memerlukan data perencanaan campuran beton. Informasi mengenai data dari bahan-bahan yang akan digunakan untuk penentuan proporsi campuran adalah sebagai berikut:

- Analisa ayak (gradasi) agregat halus dan agregat kasar.
- Bobot isi padat agregat kasar.
- Berat jenis, penyerapan air, dan kadar air agregat
- Air pencampur yang dibutuhkan beton berdasarkan pengalaman dengan menggunakan agregat yang ada.
- Hubungan antara kekuatan dan rasio air semen atau rasio air terhadap semen + bahan bersifat semen lainnya.
- Berat jenis semen atau bahan bersifat lainnya bila digunakan (Rancang & Santoso, 2012).

Prosedur pemilihan proporsi campuran yang dijelaskan dalam SNI ini mencakup untuk beton normal, beton massa dan beton berat, dengan didukung oleh data-data bahan dasar yang akan digunakan. Spesifikasi persyaratan beton yang akan diproduksi dapat didasarkan sebagian atau seluruh dari ketentuan berikut :

- Rasio air semen maksimum atau rasio air bahan bersifat semen.

- b. Kadar semen minimum.
- c. Kadar udara.
- d. *Slump*.
- e. Ukuran besar butir agregat maksimum
- f. Kekuatan tekan dan tarik yang ditargetkan
- g. Persyaratan lain yang berkaitan dengan kekuatan yang berlebih, bahan tambahan, semen tipe khusus, bahan bersifat semen lainnya, atau agregat (Rancang & Santoso, 2012)

2.4. Bahan Tambah (*Admixture*)

Admixture adalah bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton selain dari bahan utama (semen, air, dan agregat). Bahan tambah dicampurkan dalam campuran beton relatif sedikit dan harus diperhitungan perbandingan dengan bahan penyusun utama beton secara baik. Berikut penjelasan dari bahan tambah pada penelitian ini.

Beton serat (*fiber-reinforced concrete*) merupakan jenis beton yang terbentuk dari pencampuran semen, agregat halus, agregat kasar, air, serta serat (*fiber*) yang diintegrasikan secara merata dalam harapan bahwa penambahan serat tersebut dapat mengurangi retakan yang terjadi pada area yang mengalami gaya tarik akibat beban.

2.4.1. *Fiberglass*

Fiberglass adalah kaca cair yang di tarik menjadi serat tipis dengan garis tengah sekitar 0,005 mm – 0,01 mm. Serat ini dapat dipintal menjadi benang atau ditenun menjadi kain, yang kemudian diresapi dengan resin sehingga menjadi bahan yang kuat dan tahan korosi untuk digunakan sebagai badan mobil dan badan



Gambar 3. 1 Serat *Fiberglass*

kapal. Komposisi dari *fiberglass* melibatkan kandungan sekitar 50-60% SiO₂, serta oksida lainnya seperti Al, Ca, Mg, Na dan sejenisnya. Oleh karena itu, material *fiberglass* merupakan salah satu jenis bahan serat komposit yang memiliki keunggulan dalam hal kekuatan yang tinggi namun tetap memiliki bobot yang ringan. Setiap elai serat kaca yang terstruktur memiliki sifat kaku dan kiat dalam proses peregangan dan saat melalui proses kompresi atau pemberian tekanan di sepanjang sumbunya. Penggunaan serat *fiberglass* pada penelitian ini menggunakan jenis *Chopped Strand Mat* dengan variasi penambahan 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, 2,5% dari berat semen. Penambahan serat *fiberglass* diharapkan dapat meningkatkan kuat tarik.

2.5. Persamaan Kuat Tarik, Tekan dan Hub Kuat Tarik dan Kuat Tekan

2.5.1. Perhitungan Kuat Tarik Belah

Untuk memperoleh kuat tarik beton digunakan benda uji silinder beton berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Untuk perhitungan kuat desak benda uji silinder beton dapat digunakan rumus berikut:

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \quad (2.8)$$

Keterangan,

f_{ct} : Kuat Tarik beton (N/mm²)

P : Beban tekan (N)

L : Panjang benda uji (mm)

D : Diameter benda uji (mm)

2.5.2. Perhitungan Kuat Tekan

Kuat tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air, dan berbagai jenis campuran. Perbandingan dari air terhadap semen merupakan faktor utama dalam penentuan kekuatan beton. Semakin rendah perbandingan air semen, semakin tinggi kekuatan tekan beton. Suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi di dalam pengerasan beton kelebihan air meningkatkan kemampuan pengerjaan, tetapi akan menurunkan kekuatan.

$$f_{ct} = \frac{P}{A} \quad (2.9)$$

Keterangan,

f'_c : Kuat tekan beton (N/mm^2)

P : Beban maksimum

A : Luas penampang benda uji (Cm^2)

2.5.3. Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah

Hubungan kuat tekan dan kuat tarik belah, dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$f_{ct} = k\sqrt{f'_c} \quad (2.10)$$

Keterangan,

f_{ct} : Kuat tarik belah (N/mm^2)

k : Koefisien perbandingan

f'_c : Kuat tekan beton (N/mm^2)